

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Návrh nízkopodlažní modifikace řídicího vozu
Proposal for Low-Floor Modification to Steering
Car

Student: Bc. Radim Polcer
Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radim Polcer**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: **Návrh nízkopodlažní modifikace řídicího vozu**
Proposal for Low-Floor Modification to Steering Car

Zásady pro vypracování:

1. Analýza řešení nízkopodlažních kolejových vozidel, uplatnění řídicích vozů.
2. Charakteristika řešení vozu Bdt a Bfhpvee.
3. Koncepční návrh nízkopodlažní modifikace řídicího vozu Bfhpvee.
4. Analýza použitelnosti vytipovaných celků z původního řešení.
5. Konstrukční řešení vybraného uzlu včetně potřebných výpočtů a výkresové dokumentace.
6. Provozně – technické hodnocení řešeného návrhu a využití vozidla.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELLER P., Dostál J.: Kolejová vozidla II. Plzeň: ZUČ v Plzni. 2009.
KALINČÁK D.: Dopravný prostředek: výpočtové metody. Žilina: EDIS – vydavatel'stvo Žilinskej univerzity. 2005.
KALINČÁK D. GRENČÍK J.: Dopravné systémy. Žilina: EDIS – vydavatel'stvo Žilinskej univerzity. 2006.
ČSN třídy 28
Podklady výrobce a provozovatele kolejových vozidel

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaromír Široký, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

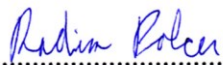


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 19.05.2014

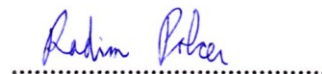

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.05.2014



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Radim Polcer

Adresa trvalého pobytu autora práce: K.H.Máchy 5404, 72200 Ostrava-Třebovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

POLCER, R. *Návrh nízkopodlažní modifikace řidicího vozu : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2014, 73 s. Vedoucí práce: Šíroký, J.

Diplomová práce se zabývá návrhem nízkopodlažní modifikace řidicího vozu, který by vzniknul rekonstrukcí velkoprostorového osobního vozu řady Bdt²⁷⁹. Úvodní kapitola této práce pojednává o řidicích vozech u nás a ve světě, následuje kapitola věnovaná analýze koncepcí kolejových nízkopodlažních vozidel, a to jak nových, tak vzniklých rekonstrukcí starších vozů. V další části se práce zabývá popisem výchozího osobního vozu řady Bdt²⁷⁹ a také původním projektem řidicích vozů řady Bfhpvee. Na tyto kapitoly již navazuje vlastní návrh nízkopodlažní modifikace, kde se práce zabývá úpravami hrubé stavby skříně nutných pro realizaci nízkopodlažní střední části a dále analýzou použitelnosti vytipovaných celků nebo komponentů z původního řešení. Následuje uspořádání interiéru ve dvou variantách a na závěr se práce zabývá výpočtem topného a chladicího výkonu a možnosti využití vozidla ve stávajícím vozovém parku.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

POLCER, R. *Proposal for Low-Floor Modification to Steering Car : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2014, 73 p. Thesis head: Šíroký, J.

This master thesis deals with the proposal of the low-floor modification of steering car, which would be rebuilt from the passenger car of class Bdt²⁷⁹. In the introduction, there is mentioned usig of stearing cars in the Czech republic and in the world, followed by chapter where are analysed conceptions of low-floor rail vehicles – both new and rebuilt. Next part deals with description of the old passenger car of class Bdt²⁷⁹ and also original project of stearing cars of class Bfhpvee. The main part of the thesis engages with proposal of the low-floor modification, where are mentioned changes in the body of the vehicle, which are neccesary for realisation of the low-floor middle section, followed by analysis of practicability of parts and components from the original project. In the next part, there is proposed arrangement of the interior in two variants and the last part of the thesis deals with calculation of heating and coldish power and possibilities of using these vehicles in the present rolling-stock.

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
1 Úvod	9
2 Řídicí vozy ve světě a v ČR	10
2.1 Důvody pořizování řídicích vozů	10
2.2 Historie uplatnění a nasazení řídicích vozů	10
2.3 Technická specifikace vybraných řídicích vozů	17
2.3.1 Řada Bftn ⁷⁹¹ (943) ČD	17
2.3.2 Řada Bfbrdt ⁷⁹⁴ (954.0) ČD	18
2.3.3 Řada Bpmbdz ²⁹⁷ DB	19
3 Analýza řešení nízkopodlažních kolejových vozidel	21
3.1 Koncepce a využití nízkopodlažních kolejových vozidel	21
3.2 Historie uplatnění a nasazení nízkopodlažních železničních vozidel	23
3.3 Technická specifikace vybraného nízkopodlažního železničního vozidla	26
3.3.1 Řada 814+914 ČD	26
4 Výchozí osobní vůz řady Bdt ²⁷⁹	28
5 Popis původního projektu rekonstrukce vozů Bdt ²⁷⁹ na řídicí vozy Bfhpvee	30
5.1 Vznik projektu	30
5.2 Technický popis	31
6 Návrh nízkopodlažní modifikace – úpravy hrubé stavby vozu	38
7 Analýza použitelnosti vytipovaných celků nebo komponentů z původního řešení	40
7.1 Rozmístění hlavních komponentů pod rámem vozidla u původního řešení	40
7.2 Analýza použitelnosti jednotlivých komponentů z původního řešení a návrh změn a nového umístění	40
8 Návrh uspořádání interiéru vozu	45
8.1 Varianta 1	45
8.2 Varianta 2	47
9 Výpočet topného a chladicího výkonu	50
9.1 Podmínky pro dosažení tepelné pohody v osobních vozech	50

9.2	Popis izolace	51
9.3	Součinitel tepelného prostupu.....	52
9.4	Přídavné zdroje tepla.....	53
9.5	Topný výkon	53
9.6	Chladicí výkon	55
9.7	Výpočet součinitele tepelného prostupu	57
9.8	Výpočet tepla z přídavných zdrojů	61
9.9	Výpočet topného výkonu	61
9.10	Výpočet chladicího výkonu	63
9.11	Zhodnocení výpočtu.....	64
10	Využití vozu a návrh vhodných souprav.....	65
10.1	Vratná souprava elektrické trakce.....	65
10.2	Vratná souprava motorové trakce	66
10.3	Souprava k motorovému vozu řady 843	66
10.4	Souprava k motorovému vozu řady 842	67
11	Závěr – provozně-technické hodnocení	68
12	Poděkování.....	70
13	Seznam použité literatury.....	71
14	Seznam příloh - výkresů	73

Seznam použitých zkratek

ARR	Automatická regulace rychlosti
AVV	Automatické vedení vlaku
CZE	Centrální zdroj energie
ČD	České dráhy
ČSD	Československé státní dráhy
DB	Deutsche Bundesbahn
DR	Deutsche Reichsbahn
NVL	Národní vlaková linka
TK	Temeno kolejnice
TNŽ	Technická norma železnic
UIC	Mezinárodní železniční unie
ZSSK	Železničná spoločnosť Slovensko

1 Úvod

Cílem této diplomové práce je zpracovat koncepční studii nízkopodlažní modifikace řídicího vozu řady Bfhpvee určené především pro regionální dopravu. Tento řídicí vůz bude maximálně unifikován s již existujícími řídicími vozy řady Bfhpvee, které vznikly rekonstrukcí starších osobních vozů řady Bdt²⁷⁹.

Zpočátku jsem zvažoval koncipovat tento nízkopodlažní řídicí vůz jako novostavbu částečně vycházející z řídicích vozů řady 943 z druhé poloviny 90. let, avšak s ohledem na potřeby zadavatele této diplomové práce, firmy Pars nova a.s., a také po ekonomickém posouzení situace, kdy by byly tyto nízkopodlažní řídicí vozy nasazovány především v soupravách se stávajícími osobními vozy a elektrickými lokomotivami a dále motorovými a přípojnými vozy se stářím v rozmezí 15 až 20 let, jsem se přiklonil k variantě rekonstrukce ze staršího osobního vozu. V opačném případě by u těchto souprav došlo v budoucnu k nesouladu v technické živostnosti vozidel, kdy by byly motorové a přípojně vozy již na konci své životnosti a bylo by tedy nutné je vyřadit a naopak navržené řídicí vozy by se nacházely teprve přibližně v polovině své životnosti. Jejich další uplatnění v jiných soupravách by již ovšem bylo zřejmě problematické, protože dnešní trend pořizování nových vozidel pro regionální dopravu ve světě i v České republice zcela jednoznačně preferuje ucelené jednotky, velmi často s distribuovaným pohonem.

Navrhnutý nízkopodlažní řídicí vůz bude určen pro provoz ve stávajícím vozovém parku v regionální a příměstské dopravě, a to jak s motorovými vozy, tak v soupravách lokomotivou tažených klasických vozů.

2 Řídicí vozy ve světě a v ČR

2.1 Důvody pořizování řídicích vozů

Řídicí vůz lze charakterizovat jako osobní nemotorové železniční vozidlo, které je vybaveno zpravidla jedním stanovištěm strojvedoucího (lze z něho tedy dálkově ovládat jedno nebo více hnacích vozidel řazených ve vlaku) a je určeno pro spojování do souprav s hnacími vozidly (ať už elektrickými nebo motorovými) a osobními, přípojnými nebo vloženými vozy. Řídicí vůz se tak může nacházet v soupravě složené jak z lokomotivou tažených osobních vozů klasické stavby, tak z hnacích a přípojných vozů, ale může být také nedělitelnou součástí ucelené motorové nebo elektrické jednotky.

Mezi hlavní důvody pořizování řídicích vozů a vytváření tzv. vratných souprav patří obecně provozní úspora (časová i finanční) vzniklá zkrácením doby obratu v koncových nebo úvratových stanicích (odpadá nutnost přepřahání hnacího vozidla, což je obvykle spojeno s objížděním soupravy hnacím vozidlem z jednoho konce na druhý, které způsobuje obsazení obou zhlaví stanice), a také úspora staničního personálu, který je potřebný pro manipulaci s klasickou soupravou. Souprava s řídicími vozy zároveň umožňuje efektivní rozdělení vlaku do několika směrů a za určitých okolností (vhodné sladění grafikonu vlakové dopravy a oběhů hnacích vozidel) lze dosáhnout také úspory hnacích vozidel při stejném počtu vlaků.

2.2 Historie uplatnění a nasazení řídicích vozů

Zatímco ve světě jsou řídicí vozy s oblibou používány již dlouhá desetiletí (provoz jedněch z prvních řídicích vozů, dokonce ještě s parními lokomotivami, je datován do roku 1935 na dráze Hamburg – Travemünde v Německu) a staly se samozřejmostí, aniž by jejich nasazování bylo spojeno s nějakými zásadními problémy, na území bývalého Československa není tradice využívání řídicích vozů příliš hluboká. Kořeny konzervativního postoje Československých státních drah k provozu řídicích vozů lze hledat snad ještě v dobách provozu parních lokomotiv, kdy se tendrem dopředu jezdilo pomaleji a hlavně v obavách z vykolejení (viz dále). Již v období po 2. světové válce se sice u nás objevilo několik kořistních původem německých řídicích vozů, které byly součástí motorových jednotek řady M 150.0 (původní německé řady VT 137 a VT 377 DR)

nasazovaných na tratích Plzeň – Jihlava a Plzeň – Žatec – Děčín, jejich provoz však neměl dlouhého trvání.

V roce 1966 se u Československých státních drah objevily první dva řídicí vozy domácí výroby řady Ř 487.0, které byly součástí střídavých prototypových třívozových elektrických jednotek řady SM 487.0 vyrobených Vagonkou Studénka. Ani tyto vozy se ovšem širšího uplatnění nedočkaly, protože sériové jednotky dnešní řady 560 byly vyrobeny jako pětivozové s dvěma hnacími a třemi vloženými vozy. Nakonec zanikla i původní podoba prototypových jednotek, když po požáru jednoho řídicího vozu v polovině 80. let byl tento vůz zrušen a druhý řídicí vůz prošel v roce 1987 přestavbou na vložený vůz, čímž ze dvou původních kapacitně nedostačujících třívozových jednotek vznikla jedna pětivozová jednotka řazením odpovídající sériovému provedení.

Zapomenout bychom neměli ani na úzkorozchodnou ozubnicovou železnici ze Štrby na Štrbské Pleso ve Vysokých Tatrách, kam byly po jejím znovuoobnovení v roce 1970 dodány tři elektrické jednotky řady EMU 29.0 švýcarského výrobce SLM Winterthur sestávající z jednoho hnacího a jednoho řídicího vozu řady Ř 29.0. Zatímco jejich výrobce již dnes pod původním názvem neexistuje, všechny tři elektrické jednotky dnešní řady 405.95 jsou ve Vysokých Tatrách v provozu dodnes.

Řídicí vozy najdeme v počtu 2 ks (řada 911) také na další slovenské úzkorozchodné elektrické železnici o rozchodu 760 mm, která spojuje Trenčianské Teplice s Trenčianskou Teplou. Tyto vozy byly původně vyrobeny v roce 1950 Vagonkou Studénka jako přípojné vozy a v letech 1989 a 90 prošly kompletní rekonstrukcí na řídicí vozy z důvodu zajištění kapacitnějších souprav pro provoz s krátkými obraty v koncových stanicích. V provozu jsou dodnes.

Ve všech výše uvedených případech ovšem neměl provoz řídicích vozů dlouhého trvání nebo šlo o velmi malou sérii a až do poloviny 90. let se tak řídicí vozy u Československých státních drah a později Českých drah prakticky nerozšířily. Ty na jejich provoz totiž dlouhá desetiletí nahlížely konzervativně s obavami, tou hlavní byla obava z vykolejení při jízdě řídicím vozem napřed, tzn. při sunutí soupravy. Na jedné straně šlo o konflikt s předpisy ČSD/ČD, které omezovaly maximální rychlost pro posun na 30 km/h, na druhé straně o eventuální zvýšení náchylnosti k vykolejení. Hmotnost na nápravu je

totiž u řídicích vozů přibližně stejná jako u běžných přípojných nebo vložených vozů a je nižší než u hnacích vozů nebo lokomotiv. V podmínkách našich nepříliš kvalitně udržovaných tratí s velkými odchylkami v geometrické poloze koleje, zejména u tratí s četnými oblouky malých poloměrů a s protisměrnými oblouky, totiž panovala obava z odlehčování prvního dvojkolí sunuté soupravy a jeho „šplhání“ na kolejnici v oblouku. Na základě teoretických propočtů bylo sice zjištěno, že se vodící síla dvojkolí vozu sunutého při nízkých rychlostech a na nekvalitní trati může zmenšit a svůj vliv mohou mít také větší boční síly nebo nesouosost nárazníků při sunutí, praktické zkoušky ovšem zvýšení nebezpečí vykolejení neprokázaly. To potvrdily taktéž zkoušky prováděné s motorovým vozem řady 811 a jeho řídicím vozem řady 912 ZSSK na trati Votice – Sedlčany, což byla vůbec první zkouška sunutí soupravy na českém území, a následně také zkoušky řídicího vozu řady 943 (viz dále). Otázku maximální rychlosti řídicích vozů u Českých drah, vzniklou kvůli technologii posunu, při němž je čelo vlaku obsazeno jen pracovníkem posunu, který sleduje trať před sunutým dílem a informace o situaci dává strojvedoucímu vysílačkou nebo jen ručními návěstmi, se podařilo vyřešit úpravou příslušných dopravních předpisů zohledněním faktu, že na řídicím voze se nachází strojvedoucí, který vlak ovládá a může tedy okamžitě zastavit.

Po posouzení všech možností se v polovině 90. let začaly řídicí vozy ve větší míře konečně uplatňovat také u nás, když bylo souběžně s realizací motorových vozů řady 843 rozhodnuto o výrobě 11 řídicích vozů řady 943 (dnes Bftn⁷⁹¹) a společně s nimi i konstrukčně obdobných přípojných vozů s řadovým označením 043 (dnes Btn⁷⁵³). Tyto vozy byly vyrobeny Moravskoslezskou vagonkou (MSV) Studénka v letech 1996 a 97 a byly prvním hromadným uplatněním racionální vozební technologie vratných souprav s řídicími vozy u Českých drah.

Dalším uplatněním řídicích vozů u nás se staly dvoupatrové elektrické jednotky řady 471, jejichž prototyp byl dokončen v roce 1997. Jednotky s hliníkovými skříněmi jsou (s výjimkou prototypové dvouvozové jednotky, která byla teprve dodatečně doplněním vloženého vozu rozšířena na třívozovou) složeny z hnacího vozu řady 471, vloženého řady 071 a řídicího řady 971. Výroba těchto jednotek, které podstatně zvýšily komfort příměstského cestování v okolí Prahy a Ostravy, byla ukončena v roce 2012 dokončením poslední 83. soupravy.



Obr. 1 Řídicí vůz řady 971 dvoupatrové jednotky

S ohledem na vysokou finanční náročnost pořízení nových vozidel probíhaly v České republice v posledních 10 letech modernizace a rekonstrukce starších vozidel, při nichž vzniklo rekonstrukcí původních osobních a přípojných vozů několik nových řad řídicích vozů. Jako první byl na přelomu let 2000 a 2001 firmou ČMKS upraven jeden přípojný vůz řady 010 soukromého dopravce Viamont na řídicí vůz s rádiovým dálkovým ovládáním od firmy TRS Lázně Bohdaneč. Určen byl pro provoz s uzpůsobenou motorovou lokomotivou řady 704 na trati Trutnov – Svoboda nad Úpou. Další řídicí vůz vzniknul z přípojného vozu řady 010 v roce 2002, zde se však jednalo již o kompletní rekonstrukci spojenou s realizací nízkopodlažní střední části, dosazením nových čel moderního designu a kompletní obnovou interiéru. Tento řídicí vůz řady 912 (dnes Bfbdtanx⁷⁹²) byl určen do soupravy s vzhledově odpovídajícím motorovým vozem řady 812 realizovaným o rok dříve, a přestože byly oba typy vyrobeny pouze v jednom kuse, šlo v podstatě o přímé předchůdce známých jednotek řady 814 zvaných Regionova. První Regionova vyjela v roce 2005 a zásadním rozdílem oproti prototypovým řadám 812 a 912 je spojení vozů do ucelené jednotky s možností průchodu cestujících. Až do roku 2012 vzniklo v šumperské firmě Pars nova a.s. celkem 212 dvouvozových jednotek (z toho 211 pro České dráhy a 1 pro Železnici Desná) v uspořádání motorový vůz řady 814.0 + řídicí vůz řady 914.0 a 26 třívozových jednotek v uspořádání motorový vůz řady 814.2 + vložený vůz řady 014.2 + motorový vůz řady 814.0. Řada 914 se tak stala nejpočetnějším typem řídicích vozů v České republice.



Obr. 2 Řídící vůz řady 914 v nízkopodlažní jednotce Regionova

Další typ řídicího vozu Českých drah vzniknul ve firmě Pars nova a.s. v roce 2006 rekonstrukcí poštovního vozu Postw. Šlo o řídicí vozy řad 954.0 a 954.2 (dnes Bfbrdtn⁷⁹⁴ a ABfbrdtn⁷⁹⁵) určené především do souprav s motorovými vozy řady 854, s nimiž mají tyto řídicí vozy i shodné čelo. V letech 2006 a 2007 vzniklo nejprve 8 řídicích vozů 2. třídy Bfbrdtn⁷⁹⁴, které mezi lety 2007 a 2010 doplnilo dalších 26 kombinovaných řídicích vozů 1. a 2. třídy ABfbrdtn⁷⁹⁵.



Obr. 3 Řídící vůz řady ABfbrdtn⁷⁹⁵

Zatím posledním typem řídicího vozu Českých drah vzniklým rekonstrukcí je řada 961 (dnes Bfhpvee), již je z důvodu maximální příbuznosti s nízkopodlažním řídicím vozem řešeným v této diplomové práci věnována samostatná kapitola.

Cestou rekonstrukce přípojných vozů na řídicí vozy se v polovině 90. let vydala také Železničná spoločnosť Slovensko ZSSK (dříve Železnice Slovenskej republiky ŽSR), když v roce 1996 vzniknul prototypový řídicí vůz řady 912, který byl prvním dvounápravovým řídicím vozem bývalých ČSD. Od výchozího přípojného vozu řady 011 se lišil nově dosazenými čely se zvětšeným stanovištěm strojvedoucího a modernizovaným interiérem. K sériovému rozšíření řídicích vozů na Slovensku došlo ale až v roce 2006, kdy vyjela první dvouvozová jednotka řady 813+913 obdobná českým Regionovám. Na rozdíl od nich však není vybavena nízkopodlažní částí a zachována byla také původní čela. V letech 2006 až 2010 vzniklo ve firmě ŽOS Zvolen celkem 44 těchto jednotek. Stejný výrobce realizoval v roce 2012 také 2 jednotky řady 813.1+913.1 pro českého dopravce GW Train Regio (dříve Viamont) určené pro provoz na trati Karlovy Vary – Mariánské Lázně, které jsou kompromisem mezi českým a slovenským pojetím rekonstrukce – vozům byla sice zachována původní čela, u řídicího vozu byla ale snížena podlaha ve střední části obdobně jako u jednotek Regionova. Zatím posledním dokončeným projektem ŽOS Zvolen je neadresná jednotka 813.110+913.110, která je vybavena jak nízkopodlažním prostorem v řídicím voze, tak novými čely.

Druhým uplatněním řídicích vozů u ZSSK jsou od roku 2010 dvousystémové třívozové patrové jednotky řady 671 (objednáno 19 souprav) odvozené od české řady 471 a z nich vycházejících 10 taktéž třívozových (ovšem v uspořádání řídicí + 2x vložený vůz) tzv. „push-pull“ jednotek řady 951 dodaných v letech 2011 až 2013 a určených pro provoz s elektrickými lokomotivami řad 263 a 381. Další typ řídicího vozu se u ZSSK zatím neobjevil.

Zahraniční zkušenosti ukazují, že na správně udržované trati a při kvalitně řešeném pojezdu není třeba mít obavy ani z provozu řídicích vozů rychlostí 250 km/h a výše. V Německu jsou od roku 1995 provozovány vysokorychlostní jednotky ICE2 složené jednoho hnacího, šesti vložených a jednoho řídicího vozu, jejichž maximální rychlost činí 280 km/h. Rakouské dráhy ÖBB se zase vydaly cestou tzv. netrakovních jednotek Viaggio Comfort od firmy Siemens známých pod obchodním názvem Railjet, které se skládají

z šesti vložených a jednoho řídicího vozu a taženy jsou vícesystémovými lokomotivami s obchodním názvem Taurus řad 1116 a 1216. Jejich maximální provozní rychlost činí 230 km/h. V roce 2014 bude 7 těchto jednotek pocházející z nevyužité opce rakouských drah dodáno Českým drahám, určeny jsou pro společný provoz s rakouskými jednotkami na trase Praha – Brno – Vídeň – Graz.



Obr. 4 Řídicí vůz netrakovní jednotky Viaggio Comfort (Railjet)

V Německu jsou řídicí vozy od roku 1995 rozšířeny také v dálkové dopravě jako kategorie IC u lokomotivou tažených klasických vozů. Jako řady Bimdzf²⁶⁹ a Bpmbdzf²⁹⁷ jich je zde v provozu 32 a 75 ks a druhá jmenovaná řada je navíc vybavena klimatizací.

I v Německu je ovšem doménou řídicích vozů regionální doprava. Jmenujme například rozšířené jednotky řady 628/928 sestávající z jednoho motorového a jednoho řídicího vozu, které byly vyráběny konsorciem firem Düwag, Waggon-Union a AEG v letech 1974 až 1996 a jejichž celkový počet dosáhnul úctyhodného čísla 474. Jedna z těchto jednotek se v roce 2012 dostala do České republiky, kde byla po obnově interiéru nasazována jako řada 845/945 u společnosti ARRIVA vlaky na trati mezi Prahou a Kralupy nad Vltavou.

Ve Švýcarsku, kde jsou obecně řídicí vozy velmi rozšířené, se lze setkat na dráze Montreux–Berner Oberland-Bahn také se soupravami, které mají hnací vůz řazen uprostřed, a na obou koncích soupravy se nachází řídicí vůz. Teoreticky lze obdobně

charakterizovat i známé elektrické a motorové jednotky GTW výrobce Stadler, které jsou složeny z krátkého středového hnacího modulu (bez možnosti přepravy cestujících) a dvou čelních vozů se stanovištěm strojvedoucího, byť se u nich přímo pojem řídicí vůz nepoužívá. [1], [2]

2.3 Technická specifikace vybraných řídicích vozů

2.3.1 Řada Bftn⁷⁹¹ (943) ČD

Koncepce řídicích vozů řady 943 a přípojných řady 043 vychází z motorového vozu řady 843. Z hlediska provedení se oba typy liší od sebe v podstatě jen tím, že na jednom čele vozu řady 943 je zřízeno stanoviště strojvedoucího. Celková délka vozu vychází z předpokládaného nasazení především na vedlejších tratích. Na rozdíl od motorového vozu je pojezd tvořen dvěma dvounápravovými podvozky typu 8-833, dvojkolí jsou vedena kyvnými rameny a vypružena jednoduchými ocelovými šroubovitými pružinami, vždy po jedné na každé nápravové ložiskové skříni. Sekundární vypružení je řešeno dvěma vzduchovými membránovými pružinami. Podvozky jsou vybaveny kotoučovou brzdou se dvěma brzdovými kotouči na každé nápravě. Vnitřní prostor vozu řady 943 má kromě stanoviště strojvedoucího tři oddíly pro cestující. Menší oddíl za stanovištěm strojvedoucího poskytuje 16 a další dva oddíly pak po 24 místech k sezení, v obou případech v uspořádání 2 + 2 proti sobě. Mezi oddíly se nachází nástupní prostory, v jednom z nich se nachází WC modulového provedení. K nástupu a výstupu cestujících jsou na každé straně vozu umístěny dvojce jednokřídlé předsuvné dveře se sklopným schůdkem. Největším nedostatkem řídicích vozů řady 943 je jejich nízký počet, který nepokryje ani potřebu samotných motorových vozů řady 843. Právě to by mohla vyřešit nízkopodlažní modifikace řídicího vozu řady Bfhpvee, která je navrhována v této diplomové práci. [1]

Tab. 1 Technické a provozní parametry vozu Bftn⁷⁹¹ [1]:

Rozchod:	1435 mm
Maximální provozní rychlost:	120 km/h
Hmotnost prázdného vozu:	28 000 kg
Hmotnost na nápravu:	7 000 kg
Délka přes nárazníky:	19 700 mm
Vzdálenost otočných čepů:	13 700 mm
Rozvor podvozku:	2 300 mm
Šířka skříně:	2 850 mm
Výška střechy od temene kolejnice:	3 795 mm
Průměr kol (nových):	840 mm
Minimální poloměr oblouku:	150 m
Míst k sezení:	72 (z toho 8 sklopných)
Míst k stání:	52



Obr. 5 Řídicí vůz řady Bftn⁷⁹¹ (943)

2.3.2 Řada Bfbrdtn⁷⁹⁴ (954.0) ČD

Velkoprostorové řídicí vozy řady 954 vznikly rekonstrukcí nepotřebných poštovních vozů Postw a jsou vybaveny zavazadlovým oddílem a oddílem pro přepravu jízdních kol, invalidních vozíků a objemných zavazadel. Z pohledu klimatických podmínek jsou vozy řady 954 určeny pro středoevropské prostředí při teplotách od -30 do +40 °C, při relativní vlhkosti vzduchu až 90 % a nadmořské výšce do 1 000 m n. m. Z výchozího vozu Postw zůstal zachován upravený rám, střecha a podvozky. Bočnice byly nahrazeny novými a čelo se stanovištěm strojvedoucího bylo vyrobeno nově dle motorových vozů řady 854, zadní čelo je průchozí. Skříň prošla dále úpravou pro dosazení nových komponentů a poté byla

při opětovném přetřyskání opatřena antikorozními a antivibračními nátěry. Dosazena byla také nová okna, v oddíle pro cestující polos pouštěcí a u přesdvných dveří pevná, v obou případech s dvojitými determálními bezpečnostními skly. Zatímco zadní nástupní prostor je vybaven novými jednokřídlymi bočními dveřmi, v předním nástupním prostoru se nachází dvoukřídle přesdvné dveře, které jsou stejně jako přechodové dveře na zadním čele poháněny elektropneumatickým pohonem. Velkoprostorový oddíl pro cestující je od nástupních prostorů a zavazadlového oddílu oddělen dvěma příčkami s prosklenými dveřmi. Dosazeny jsou nové čalouněné sedačky s hlavovými opěrkami v uspořádání 2 + 2 proti sobě s uličkou uprostřed a nové příčné zavazadlové police. Podvozky prošly při přestavbě vozu kompletní repasí a dosazeny byly nové hydraulické tlumiče. [4]

Tab. 2 Technické a provozní parametry vozu Bfbrdt⁷⁹⁴ [4]:

Rozchod:	1435 mm
Maximální provozní rychlost:	120 km/h
Hmotnost prázdného vozu:	40 200 kg
Hmotnost na nápravu:	13 500 kg
Délka přes nárazníky:	24 500 mm
Vzdálenost otočných čepů:	17 200 mm
Rozvor podvozku:	2 600 mm
Šířka skříně:	2 883 mm
Výška střechy od temene kolejnice:	4 050 mm
Průměr kol (nových):	920 mm
Minimální poloměr oblouku:	150 m
Míst k sezení:	71 (z toho 8 sklopných)
Míst k stání:	60

2.3.3 Řada Bpmbdz²⁹⁷ DB

V letech 1997 a 1998 vzniklo ve firmě PFA Weiden celkem 75 klimatizovaných řídicích vozů 2. třídy řady Bpmbdz²⁹⁷ pro německé dráhy DB s určením pro dálkovou dopravu vlaků kategorie IC (InterCity). Při rekonstrukci byl z původních vozů využit pouze hlavní rám, dosazeny byly nové podvozky pro rychlost 200 km/h se vzduchovým vypružením. Vozy disponují velkým oddílem pro přepravu jízdních kol, který může být v případě potřeby operativně zmenšen přidáním sedadel. V letech 1995 a 1996 vzniklo 32 obdobných neklimatizovaných vozů řady Bimdz²⁶⁹ původně určených pro vlaky kategorie IR (InterRegio), na rozdíl od první uvedené řady byly z původních vozů využity také původní upravené skříně a podvozky. V současné době probíhá u obou řad postupná modernizace interiéru. [12]

Tab. 3 Technické a provozní parametry vozu Bpmbdzf²⁹⁷[12]:

Rozchod:	1435 mm
Maximální provozní rychlost:	200 km/h
Hmotnost prázdného vozu:	47 000 kg
Hmotnost na nápravu:	11 750 kg
Délka přes nárazníky:	26 400 mm
Vzdálenost otočných čepů:	19 000 mm
Rozvor podvozku:	2 600 mm
Šířka skříně:	2 825 mm
Výška střechy od temene kolejnice:	4 050 mm
Minimální poloměr oblouku:	150 m
Míst k sezení:	51



Obr. 6 Řídicí vůz řady Bpmbdzf²⁹⁷

3 Analýza řešení nízkopodlažních kolejových vozidel

3.1 Koncepce a využití nízkopodlažních kolejových vozidel

Na úvod této kapitoly je vhodné rozlišit pojmy bezbariérovost a nízkopodlažnost, které neznamenají totéž. Bezbariérovost lze rozdělit na vnější a vnitřní, a zatímco vnitřní bezbariérovost představuje snadný průchod soupravou s absencí schodů v podélné ose vozu a je typická pro dálkovou dopravu, vnější bezbariérovost je zajišťována prostřednictvím nízkopodlažních vozidel typickými pro regionální a příměstskou dopravu. Současné splnění obou požadavků je reálné jen u vozidel s výškou snížené podlahy v úrovni alespoň 800 mm nad temenem kolejnice, kde lze ještě realizovat uličku nad podvozky jen šikmou rampou, bez příčných schodů. U nízkopodlažních nebo dvoupodlažních vozidel s výškou nízké podlahy kolem 600 mm nad TK již nelze realizovat uličku nad podvozky bez příčných schodů a průchod soupravou je pak komplikován opakovaným střídáním schodů nahoru a dolů.

Zatímco u tramvají vznikla celá řada koncepcí nízkopodlažních vozidel, od malého nízkopodlažního prostoru zpravidla v prostředním článku vozidla, přes částečně nízkopodlažní vozidla až po 100% nízkopodlažní vozidla (tedy s nízkou podlahou v celé délce vozidla, což je u tramvají jednoznačně dnešním trendem), železniční kolejová vozidla jsou řešena výhradně jako částečně nízkopodlažní (nesplňují tedy podmínku vnitřní bezbariérovosti) a snížená podlaha je zpravidla situována do prostřední části vozidla mezi podvozky. Rozdíl můžeme nalézt také v samotném chápání pojmu nízkopodlažní vozidlo – zatímco u tramvajových vozidel je z důvodu nižších nástupních ostrůvků nutno dosáhnout úrovně kolem 300 mm nad temenem kolejnice, na železnici jsou nástupiště podstatně vyšší a za nízkopodlažní železniční kolejové vozidlo lze pak považovat už takové vozidlo, které má úroveň snížené podlahy zpravidla v rozmezí 450 až 800 mm nad temenem kolejnice (tato hodnota ovšem vychází z výšky nástupišť a může se proto v jednotlivých zemích lišit, typická hodnota výšky nástupišť nad TK např. v České republice, Rakousku a dalších zemích činí 550 mm, poněkud stranou ale stojí např. Německo a Belgie s nástupišti vysokými 760 mm nad TK). Tento rozdíl vyplývá především z průjezdného průřezu –

zatímco tramvaje mají obdélníkový tvar průjezdného průřezu i obrysu a lze je tak uzpůsobit pro bezbariérový nástup i z nástupního ostrůvku nebo okraje chodníku v úrovni 300 (v ojedinělých případech až 180 mm) nad TK, na železnici je používán průjezdný průřez a obrys se zkosenou spodní partií, a železniční vozidla tak nelze přizpůsobit pro bezbariérový nástup z výšky nástupiště nižší než přibližně 550 mm nad TK (níže, pod bodem zlomu obrysu uložená podlaha, by byla podstatně užší než šířka vozu přes bočnice). Na bezbariérovosti při nástupu a výstupu se tak musí kromě vozidel podílet i infrastruktura. V zemích jako je například Anglie nebo Rusko však lze nalézt dostatečně vysoká nástupiště (v Rusku až 1300 mm nad TK) a úrovněvý nástup je tak zajištěn levnějšími a jednoduššími vozidly se standardní výškou podlahy. Totéž je typické pro systémy metra, kde jsou např. v Praze nástupiště s výškou povrchu 1100 mm nad TK a vozidla s výškou podlahy 1150 mm nad TK (rozdíl výšek vytváří rezervu na radiální opotřebení kol a statický průhyb vypružení v důsledku změny obsazení vlaku). Kromě souladu mezi výškami vozidla a nástupiště je pro usnadnění nástupu a výstupu důležitá také minimalizace horizontální mezery mezi nástupištěm a vozidlem, což souvisí s koordinací mezi šířkou vozidla a vzdáleností hrany nástupiště od osy koleje.

Hlavním důvodem pro pořizování nízkopodlažních kolejových vozidel je umožnění snadnější přepravy osob se sníženou schopností pohybu a orientace. Dalším neméně důležitým důvodem je zrychlení výměny cestujících díky rychlejšímu výstupu a nástupu, což umožňují právě nízkopodlažní vozidla v kombinaci s velkým počtem širokých dvoukřídlých dveří. Tento faktor je důležitý především v regionální příměstské dopravě, pro kterou je typický vysoký počet zastávek a doba pobytu v zastávkách a stanicích je tak významnou složkou celkové jízdní doby. Snížením doby pobytu v zastávkách tak lze dosáhnout nejen zvýšení cestovné rychlosti a tedy kratší celkové jízdní doby, ale lze také snížit dobu obsazení traťových úseků a tím zvýšit propustnost trati. Naopak dálková doprava je charakterizována malým počtem zastávek a rychlost výměny cestujících zde tedy nehraje až tak velkou roli, proto nejsou nízkopodlažní železniční vozidla v dálkové dopravě až na výjimky rozšířena.

Nízkopodlažní podlaha u vozidel ovšem přináší také komplikace při jejich konstrukci. Zatímco dříve bylo zvykem umisťovat většinu komponent včetně elektrické výzbroje pod podlahu, u nízkopodlažních vozidel toto z pochopitelných důvodů není možné. Tyto

komponenty je tak nutné přemístit buď na střechnu vozidla, což s sebou přináší zvýšené namáhání konstrukce střechy, nebo do strojoven uvnitř vozidla, což zase zmenšuje prostor využitelný pro přepravu cestujících. Pokud je podvozek vysoký, musí být i podlaha, resp. hlavní podélníky vozové skříně nad podvozkem umístěny vysoko. Podélná síla v tomto případě vytváří vůči hlavním podélníkům v nízkopodlažní části velký ohybový moment a pro jeho zachycení bočnicí musí být dveřní otvory posunuty směrem ke středu vozu. [5], [7], [9], [10]

3.2 Historie uplatnění a nasazení nízkopodlažních železničních vozidel

Zatímco řídicí vozy nebyly dříve na území bývalého Československa příliš rozšířeny, u nízkopodlažních železničních vozidel tomu bylo jinak. Již v letech 1959 a 1960, tedy v době kdy byla slova bezbariérovost a nízkopodlažnost docela neznámými pojmy, byly Vagonkou Tatra Studénka vyrobeny dva prototypy čtyřdílných příměstských elektrických jednotek řady EM 475.0, u nichž pro dosažení rychlé výměny cestujících činila výška podlahy v nástupních prostorech a prostřední části vozů 580 mm nad temenem kolejnice. Na tyto prototypy navázaly v letech 1964 až 1973 sériové jednotky řad EM 475.1 (51 jednotek, dnes řada 451) a EM 475.2 (11 jednotek, dnes řada 452), které se staly základem vozového parku příměstské dopravy zejména v okolí Prahy.

Za zmínku stojí také nízkopodlažní patrové vozy řady Bmto²⁹² (původně řada Bap) určené pro lokomotivou tažené vlaky, které byly v počtu 50 ks dodány Československým státním drahám vagonkou Waggonbau Görlitz v roce 1976.

Na přelomu 80. a 90. let již u ČSD vyvstala potřeba inovace vozového parku příměstských jednotek, proto byly vyvinuty a v roce 1991 vyrobeny dva prototypy pětivozových jednotek řady 470. Zatímco vložené vozy byly realizovány v patrovém provedení, hnací vozy by v patrovém provedení překročily požadované hmotnosti, a proto bylo rozhodnuto o jejich jednopodlažním provedení. Společným rysem všech vozů jednotky řady 470 je ale nízkopodlažní podlaha v mezipodvozkové části skříně a nástupních prostorech, její výška nad temenem kolejnice činí 475 mm. K sériové výrobě jednotek řady 470 již sice nedošlo (oba prototypy jsou navíc navzdory nízkému věku již odstaveny a čekají na fyzickou likvidaci), tato řada se však stala základním kamenem pro

vývoj modernějších a úspěšnějších jednotek řad 471, 671 a 951. Tyto jednotky, které jsou již podrobněji zmíněny v předchozí kapitole, disponují rovněž nízkopodlažní částí s výškou podlahy 475 mm nad temenem kolejnice.

Další nízkopodlažní jednotky v České republice vznikly rekonstrukcí motorových vozů řady 810 a přípojných vozů řady 010. Nejprve to byl prototypový řídicí vůz řady 912, na které navázaly jednotky Regionova s nízkopodlažním řídicím vozem u dvouvozové varianty a nízkopodlažním vloženým vozem u třívozové varianty. Prolomením hlavního rámu se podařilo v prostřední části vozu snížit výšku podlahy z původních 1140 na 570 mm nad temenem kolejnice, podíl nízkopodlažní části dosahuje 50% vozu. Také těmto jednotkám se již věnovala předchozí kapitola.

V roce 2011 byla Škodou Vagonka vyrobena první jednopodlažní nízkopodlažní elektrická jednotka s obchodním názvem RegioPanter pro regionální dopravu s maximální rychlostí 160 km/h. V současnosti mají České dráhy objednáno 12 jednosystémových třívozových jednotek řady 440, 10 dvousystémových třívozových jednotek řady 640 a 6 dvousystémových dvouvozových jednotek řady 650.



Obr. 7 Nízkopodlažní elektrická jednotka RegioPanter

Také na Slovensku se v roce 2011 objevil nový typ třívozové nízkopodlažní jednotky, tentokrát motorové trakce. Dvanáct jednotek řady 861 s maximální rychlostí 140 km/h dodává slovenským drahám ZSSK firma ŽOS Vrútky.

V posledních několika letech vyjely na české a slovenské koleje také úplně nová nízkopodlažní železniční vozidla zahraničních výrobců. Nejprve to byly slovenské jednotky GTW 2/6 firmy Stadler, dodané v letech 2000 až 2001 v úzkorozchodné elektrické verzi v počtu 15 ks jako řada 425.95 pro tratě Tatranských elektrických železnic (TEŽ), které v roce 2003 doplnilo 6 normálněrozchodných jednotek řady 840 v dieselové verzi. Výška nízkopodlažní části podlahy nad temenem kolejnice činí pouhých 384 mm v prvním a 615 mm ve druhém případě.

Také České dráhy se vydaly cestou pořizování moderních nízkopodlažních motorových vozů a jednotek zahraničních výrobců. Nejprve bylo v letech 2011 a 2012 dodáno 33 motorových vozů typu Regio-Shuttle RS1 řad 840 a 841 firmy Stadler, následované v letech 2012 a 2013 jednatřiceti dvouvozovými jednotkami Link řady 844 polského výrobce PESA.



Obr. 8 Nízkopodlažní motorová jednotka Link firmy PESA

Jak je tedy vidět, v regionální dopravě se nízkopodlažní železniční vozidla stala již standardem, a to u nás i ve světě. Mezi další typické zástupce těchto vozidel patří například dieselové jednotky Desiro firmy Siemens (provozovány mj. firmou RegioJet v počtu 6 dvouvozových jednotek na Slovensku), Talent firmy Bombardier (dříve Talbot, provozovány mj. firmou RegioJet v počtu 4 třívozových jednotek na Slovensku) nebo elektrické jednotky Flirt firmy Stadler, které můžeme v počtu 5 pětivozových jednotek najít i v České republice u dopravce Leo Express, kde jsou jako řada 480 v patřičné úpravě poněkud netypicky provozovány v dálkové dopravě zejména mezi Prahou a Ostravou. [1], [2]

3.3 Technická specifikace vybraného nízkopodlažního železničního vozidla

3.3.1 Řada 814+914 ČD

Dvouvozová jednotka vznikla rekonstrukcí motorového vozu řady 810 a přípojného vozu řady 010. Oba vozy jednotky jsou propojeny původním tažným a narážecím zařízením. Nově postavená přivrácená plochá čela jsou opatřena křídlovými dveřmi a přechodovým můstkem. Na přední čela jednotky byly doplněny přiměřeně masivní ocelové ochranné konstrukce pro zvýšení pasivní bezpečnosti stanoviště strojvedoucího. Zároveň byl zvětšen prostor v kabině strojvedoucího, čehož bylo docíleno posunutím čelníku o 250 mm. Pro nástup do motorového vozu slouží předsuvné elektropneumatické dveře se sklopnou stupačkou, nástup do řídicího vozu je umožněn dvoukřídlovými dveřmi umístěnými ve střední nízkopodlažní části. Interiér motorového vozu o celkovém počtu míst 48 je vybaven čalouněnými sedadly v uspořádání 2 + 2, interiér řídicího vozu je rozdělen do dvou oddílů. Zadní oddíl je proveden obdobně jako u motorového vozu a nachází se v něm 16 míst v uspořádání 2 + 2, přední oddíl je vybaven dvěma trojsedadly v uspořádání za sebou, jedním čtyřsedadlem a dále jedním pevným a jedním sklopným sedadlem na levé straně oddílu. Nově koncipované klimatizované stanoviště strojvedoucího je odděleno od nástupního prostoru a prostoru pro cestující lomenou příčkou s prosklenými dveřmi. Hnací soustrojí je tvořeno šestiválcovým ležatým přeplňovaným motorem Tedom M 640 SE o výkonu 242 kW v kombinaci se čtyřstupňovou hydromechanickou převodovkou Voith DIWA 864.3. [3]

Tab. 4 Technické a provozní parametry jednotky 814+914 [13]:

Rozchod:	1435 mm
Maximální provozní rychlost:	80 km/h
Hmotnost obsazené jednotky:	54 800 kg
Hmotnost na nápravu:	14 800 / 12 600 kg
Délka přes nárazníky:	28 440 mm
Vzdálenost vnitřních náprav:	5 970 mm
Rozvor vozů:	8 000 mm
Šířka skříně:	3 073 mm
Výška střechy od temene kolejnice:	3 420 mm
Průměr kol (nových):	840 mm
Minimální poloměr oblouku:	120 m
Míst k sezení:	84
Míst k stání:	115



Obr. 9 Řídící vůz řady 914 v nízkopodlažní jednotce Regionova v provedení pro dopravce Železnice Desná

4 Výchozí osobní vůz řady Bdt²⁷⁹

Řada Bdt²⁷⁹ je osobní neklimatizovaný čtyřnápravový osobní vůz se dvěma oddíly druhé vozové třídy se středovou uličkou a uspořádáním sedadel 2 + 2. Dodáván byl Vagonkou Studénka v letech 1986 až 1987 Československých státním drahám v celkovém počtu 195 kusů. V letech 1986 až 1989 byly tyto vozy označeny jako řada Btme, v letech 1990 až 2000 pak jako řada Bte a od roku 2001 nesou dnešní řadové označení Bdt²⁷⁹. Vozy byly vyrobeny jako modernizovaná verze starších známých vozů řady Bai, na rozdíl od nich už ale byly vybaveny elektrickým topením, modernějšími podvozky a brzdovou výstrojí a změn doznalo také uspořádání interiéru.

Vozy s nejvyšší povolenou rychlostí 120 km/h jsou vybaveny skříní typu UIC-Y o délce 24 200 mm a podvozky GP 200 s kotoučovými brzdami. Podélníky hlavního rámu jsou tvořeny válcovaným profilem Ue 200 mm, hlavní příčníky jsou svařeny z ocelových plechů tloušťky 10 a 12 mm. Čelníky tvoří ocelový plech tloušťky 6 mm ohnutý na výšku 360 mm. Tažné ústrojí je provedeno jako neprůběžné, nárazecí ústrojí je tvořeno trubkovými nárazníky s prstencovou zpruhou. Zatížení prstencové zpruhy při maximálním stlačení nárazníků činí 320 kN. Brzdovou výstroj tvoří systém DAKO BV 1. Vnější nástupní dveře jsou řešeny jako zalamovací, mezivozové dveře jsou pak manuálně posuvné do strany. Okna jsou realizována jako otevíratelná polosposuštěcí s dvojitými skly. Interiér vozu je rozdělen do dvou velkých velkoprostorových oddílů oddělených příčkou s dveřmi, z nichž jeden je tvořen šesti a druhý pěti fiktivními oddíly. Kapacita vozu činí 88 míst k sezení, sedadla jsou realizována jako dvojmístné lavice potažené ne zrovna oblíbeným koženkovým potahem. Na jednom představku jsou umístěny dvě buňky WC, druhý představek disponuje 3 sklopnými místy k sezení a prostorem pro přepravu spoluzavazadel, jízdních kol nebo kočárků. Hlavní osvětlovací zařízení je řešeno jako elektrické zářivkové, nouzové pak jako žárovkové. Topení je elektrické teplovzdušné a je složeno z elektrických topnic a větráků, které rozhánějí ohřátý vzduch do jednotlivých částí vozu, zdrojem je elektrická energie s napětím 3000 V.

Po rozpadu Československa zůstala u Českých drah větší část vozů řady Bdt²⁷⁹, v roce 2013 bylo u ČD v provozu v původní podobě ještě 116 vozů, které jsou přiřazeny do

domovských stanic Cheb, Plzeň hlavní nádraží a Děčín hlavní nádraží a nasazovány na osobních a spěšných vlacích, výjimečně i rychlicích.



Obr. 10 Výchozí osobní vůz řady Bdt²⁷⁹

Do 9 vozů Bdt²⁷⁹ byl v letech 2008 a 2009 dosazen centrální zdroj energie (CZE), tyto vozy dostaly následně novou řadu Btee²⁸⁹. Celkem 34 vozů (včetně dvou vozů Btee²⁸⁹) bylo využito pro přestavbu na řídicí vozy řady Bfhpvee (viz dále), z 15 vozů vznikají v současné době u polské firmy PESA Bydgoszcz kombinované vozy 1. a 2. třídy ABpee347 a dalších 26 vozů Bdt²⁷⁹ prochází v současné době modernizací u firmy KOS Krnov. Ve všech třech případech došlo ke zvýšení maximální rychlosti na 140 km/h. V letech 1990 a 91 byly stejným výrobcem v počtu 200 ks vyrobeny odvozené vozy řady Bdt²⁸⁰, které se liší od předchozí řady podélnými prolisy na střeše. Necelou polovinu z těchto vozů nyní vlastní České dráhy a v případě potřeby by byly rovněž vhodné pro rekonstrukci. [13]

Tab. 5 Technické a provozní parametry vozu Bdt²⁷⁹ [13]:

Rozchod:	1435 mm
Maximální provozní rychlost:	120 km/h
Hmotnost prázdného vozu:	34 000 kg
Hmotnost na nápravu:	8 500 kg
Délka přes nárazníky:	24 500 mm
Délka skříně:	24 200 mm
Vzdálenost otočných čepů:	17 200 mm
Rozvor podvozku:	2 600 mm
Šířka skříně:	2 883 mm
Výška střechy od temene kolejnice:	4 230 mm
Průměr kol (nových):	920 mm
Minimální poloměr oblouku:	150 m
Míst k sezení:	91 (z toho 3 sklopná)

5 Popis původního projektu rekonstrukce vozů Bdt²⁷⁹ na řídicí vozy Bfhpvee

5.1 Vznik projektu

Čtyřnápravový plně klimatizovaný řídicí vůz řady Bfhpvee (původně 961) s víceúčelovým oddílem vzniknul rekonstrukcí původního osobního vozu Bdt²⁷⁹ ve firmě Pars nova a.s. První vůz byl modernizován v roce 2011 a do poloviny roku 2013 byla dokončena celá 34 kusová série řídicích vozů. Vozy řady Bfhpvee jsou určeny pro dálkové řízení neobsazených elektrických a motorových lokomotiv u vratných souprav rychlíků a osobních vlaků na hlavních a vedlejších tratích na střední a delší vzdálenosti, maximální provozní rychlost činí 140 km/h. Dálkové ovládání hnacích vozidel z řídicího vozu se řídí vyhláškami UIC 556 a UIC 558 a je provedeno po sběrnici TCN podle směrnice IEC 61375-1. Kompatibilita s lokomotivami uzpůsobenými pro provoz ve vícečlenném řízení je zajištěna prostřednictvím WTB komunikace. Řídicí vozy jsou v současné době u Českých drah provozovány s lokomotivami řady 163, 363 a 242, ověřována je také komunikace s lokomotivami řad 380 a 750. Při zpracování modernizace se vycházelo z požadavků ČD na maximální jednotnost dílů s modernizovaným řídicím vozem řady 954. Cílem tohoto projektu bylo, aby řídicí vůz splňoval náročné technické požadavky na přepravu cestujících a bezpečnost provozu, kdy se předpokládá dlouhodobý pobyt cestujících ve voze a zvýšila se tak kultura a kvalita cestování.

Ve smyslu přílohy P.13 TSI – Provoz a řízení dopravy 2006/920/ES dostal vůz řadové označení Bfhpvee, význam použitých písmen je následující:

B...osobní vůz 2. třídy se sedadly

f...vozidlo vybavené kabinou strojvedoucího

h...osobní vůz vybavený pro převoz zdravotně postižených cestujících

p...osobní vůz se sedadly se střední uličkou

v...vozidlo vybavené pro přepravu jízdních kol

ee...vozidlo vybavené centrálním napájecím systémem

Významný podíl na vzniku řady Bfhpvee mají také firmy VKV Praha (projekt vozu, hrubá stavba, vozová skříň a interiér, výpočty hmotnosti, obrysu a hrubé stavby skříně, zavěšení přístrojů pod vozem, vodní hospodářství a WC, trasy elektro atd.), VÚKV Praha (konstrukční úpravy a výpočty podvozků, výpočet brzdy), ŠKODA TRANSPORTATION (základní elektrické schéma vozu, řídicí systém) a Ing. Arch. Bohuslav Kunát (design čela a vybraných prvků interiéru, barevné sladění interiéru). [6], [14]



Obr. 11 Řídicí vůz řady Bfhpvee

5.2 Technický popis

Řídicí vozy řady Bfhpvee splňují požadavky TSI týkající se osob se sníženou pohyblivostí, TSI pro hluk a TSI pro bezpečnost v železničních tunelech pro kategorii A z hlediska požární bezpečnosti. Vozy jsou konstruovány pro provoz ve středoevropském klimatickém prostředí při venkovních teplotách od -30 do +40 °C, relativní vlhkosti vzduchu až 90 % při teplotě +20 °C a při nadmořské výšce do 1200 m n. m.

Skříň

Tuhost konstrukce skříně a kabiny zajišťuje maximální možnou bezpečnost cestujících a personálu při nehodách při dodržení dohodnutých požadavků TNŽ 28 5201 a ČSN EN 12663. Při rekonstrukci je zachováno původní neprůběžné tahadlo s pevností háku 1 000 kN a pevností šroubovky 850 kN. Hrubá stavba skříně je v Pars nova a.s. po demontáži původního vozu otryskána a opravena, původní elektrická výzbroj včetně kabeláže je

demontována a při přestavbě nahrazena novou. Na předním čele vozu se provede příprava pro nalepení čela z laminátového sendviče, které tvoří pevnostní díl vozu, čela jsou vyráběna firmou Mosled, České Budějovice. Hrubá stavba skříně je doplněna o výztuhy a držáky, které souvisí s dosazením nového vybavení vozu a nových komponentů interiéru. V končené fázi se hrubá stavba ošetří antivibračním tlumícím nátěrem. Spodek a skříň je tvořena samonosným celkem svařeným z válcovaných a lisovaných profilů, na které je přivařen ocelový bočnicový plech tloušťky 2 mm a střešní plech tloušťky 1,5 mm. Rám spodku zesiluje podlahový vlnitý ocelový plech. Podélníky tvoří ocelové válcované profily UE 20, čelníky lisované profily tloušťky 6 mm a hlavní příčníky pak ocelový plech tloušťky 10 a 12 mm. Střechu tvoří střešní kružiny z ohýbaných Z-profilů tloušťky 2 mm. Bočnice jsou svařeny z ocelových Z a U profilů tloušťky 3 mm, přičemž tloušťka bočnice činí 50 mm.

Podvozky

Během rekonstrukce vozu je provedena generální oprava původních podvozků GP-200S typu 8-822.0/1 a jejich přestavba na typ 8-822.2/3, což spočívá v zesílení konzol vedení dvojkolí (jde o konzoly přivařené na rámu podvozku, na něž jsou přišroubovány laminátové pásy vedení dvojkolí) z důvodu praskání konzol původního provedení, dosazení nových brzdových kotoučů o průměru 610 mm a nových brzdových jednotek, dosazení jednoho nápravového uzemňovače na každém podvozku, instalaci nových pružin obou stupňů vypružení s charakteristikami, které odpovídají novému rozložení hmotnosti vozu, namontování držáků trysek mazání nákolků na předním podvozku a zábran proti větším předmětům na koleji před prvním dvojkolím, dosazení čidla rychloměrné soupravy na přední nápravu a odstranění nápravových generátorů a počítače kilometrů.

Podvozky GP 200 s kotoučovými brzdami musí vyhovovat pro sunutí vozu zkušební rychlostí, která činí 154 km/h. Dvojkolí jsou dodávána firmou BONATRANS a mají celistvá kola typu ORE, první dvojkolí ve směru od kabiny strojvedoucího je vybaveno zařízením pro mazání okolků firmy TriboTec, které je v činnosti pouze pokud vůz jede tímto čelem vpřed.



Obr. 12 Podvozek řídicího vozu řady Bfhpvee

Brzdová výstroj

Brzdová zařízení se na řídicí vůz dosazují nová. Použita je pneumatická samočinná kotoučová brzda soustavy DAKO-PR s elektricky řízeným panelovým brzdičem BSE, rozvaděčem CV1nD a přemostitelnou záchrannou brzdou PZ4. Přímočinná brzda je panelového provedení DAKO, protismykové zařízení je pak typu DAKO PE06-MSV. Zajišťovací střadačová brzda působí na brzdové kotouče v předním podvozku, mechanické odbrzdění jednotek se stradačem je zajištěno pomocí bowdenů na podvozku ze strany vozu. Na vůz je dosazena záchranná brzda DAKO PZ4 s jedním vypouštěcím ventilem a čtyřmi záklopkami záchranné brzdy ve voze (po jedné v předním a zadním nástupním prostoru a dvou v oddíle pro cestující). Na stanovišti strojvedoucího je umístěna stiskací záklopka se spínačem pro aktivaci záchranné brzdy a taktéž je doplněn nouzový ventil napojený na průběžné potrubí samočinné brzdy. Na čelech vozu ústí dvě spojky hlavního potrubí a dvě spojky napájecího potrubí. Zábrzdná dráha z maximální rychlosti 140 km/h činí maximálně 900 metrů.

Interiér

Svým dispozičním řešením odpovídá interiér řídicím vozům řady 954.0 (dnes Bfbrdtn⁷⁹⁴). Na předním čele je umístěna neprůchozí kabina strojvedoucího, na zadním čele se potom nachází průchod s dvoukřídlými posuvnými dveřmi, přechodovým můstkem

a návalky. V části za kabinou strojvedoucího je umístěn víceúčelový prostor s WC a se 12 sklopnými sedadly, který umožňuje přepravu jízdních kol, kočárků nebo objemných zavazadel. Většinou část plochy vozu zabírá velkoprostorový oddíl 2. třídy s místy vyhrazenými pro přepravu imobilních cestujících. Oddíl pro cestující je od nástupních prostorů oddělen dvěma příčkami s prosklenými dveřmi. Nově jsou dosazena čalouněná sedadla typu REGIO firmy BORCAD v uspořádání 2 + 2 proti sobě a s uličkou uprostřed. Rozteč sedadel vychází z rozteče oken původního vozu a její hodnota činí u většiny sedadel 1 738 mm.

Pro nástup cestujících s jízdními koly nebo kočárky a cestujících na invalidních vozících je určen přední nástupní prostor s dvoukřídlými dveřmi se světlou šířkou 1 340 mm. Zadní nástupní prostor je vybaven jednokřídlými nástupními dveřmi o světle šířce 800 mm. Všechny nástupní dveře jsou předsvuné a jsou ovládány zvnějšku i zevnitř prostřednictvím tlačítka s předvolbou. Dveře jsou vybaveny sklopnými a výsuvnými stupačkami pro nástup z nižších nástupišť. Přechodové dveře na zadním čele vozu jsou dvoukřídlé a mají elektrický pohon. Okna v prostorech pro cestující jsou realizována jako pevná s výjimkou výklopných pro nouzové větrání, která jsou umístěna po jednom na každé straně vozu ve velkoprostorovém oddílu. Výška podlahy zůstala v celé délce zachována z původního vozu a její hodnota činí 1 255 mm nad temenem kolejnice.



Obr. 13 Interiér řídicího vozu řady Bfhpvee

Stanoviště strojvedoucího

V kabině strojvedoucího se nachází kompletní stanoviště strojvedoucího ve středovém uspořádání. Řídicí pult vychází z konstrukce pultu u lokomotiv Škoda 109E (u ČD řada 380) a je uspořádán symetricky kolem podélné osy vozu. Čelní okno je vyhřívané a je rovněž převzato z lokomotivy Škoda 109E. Okna kabiny strojvedoucího vyhovují podmínkám vyhlášek UIC 566 a 651 a TNŽ 28 5201. Boky kabiny jsou opatřeny spouštěcími okny a pevnými okny doplněnými sklopnými vyhřívanými zpětnými zrcátky. V kabině se nachází polohovatelná odpružená sedačka strojvedoucího a jedna sklopná sedačka. Vstup na stanoviště je zajištěn prostřednictvím otočných dveří ze zavazadlového oddílu. Na příčce mezi víceúčelovým oddílem a stanovištěm strojvedoucího se nachází skříň se vzduchovou výzbrojí a dále skříň pro potřeby vlakové čety. Plné osvětlení kabiny strojvedoucího je zajištěno prostřednictvím zářivkových osvětlovacích těles, o tlumené osvětlení se pak starají žárovky. Vytápění a klimatizování stanoviště strojvedoucího je provedeno nezávisle na vytápění a klimatizaci oddílů.



Obr. 14 Stanoviště strojvedoucího řídicího vozu řady Bfhpvee

Buňka WC

Sanitární modul WC dodává firma VKV Praha a je vyráběn její pobočkou ve Studénce. Tvoří ho hliníkové rámy s výplněmi, ve stropě je pak umístěna sklopná klapka umožňující přístup k rozvodu vody a nádrží. Buňka má nucené odvětrání prostřednictvím

ventilátoru a je vybavena uzavřeným WC systémem firmy Evac. Proti zamrzání je fekální nádrž opatřena topnicemi.

Řídicí obvody

Řídicí systém vozidla se skládá z vozového počítače a modulů, na něž jsou připojeny další komponenty řízení vozidla. Součástí systému nadřazeného řízení je subsystém provozní servisní a poruchové diagnostiky. Vůz je vybaven systémem vyššího řízení jízdy vlaků vedených strojvedoucím firmy MSV elektronika – CRV (centrální regulátor vozidla) a AVV (automatické vedení vlaku), který plně respektuje návěstní soustavu ČD a umožňuje pozdější navázání na ETCS.

Zařízení CRV a AVV umožňuje řízení jízdy vlaku ve čtyřech režimech – ruční řízení (MAN), kde je poměrný tah a účinek průběžné brzdy vlaku nastavován strojvedoucím přímo pomocí ovladačů na pultu. Dále je to automatická regulace rychlosti (ARR), kde strojvedoucí nastavuje požadovanou rychlost jízdy a volí jízdní režim (jízda/výběh), přičemž mu zůstává zachována možnost ručního brzdění jak elektrodynamickou, tak pneumatickou brzdou, a to bez nutnosti přechodu do režimu ručního řízení. Dalším režimem je cílové brzdění (CB), což je automatizovaný režim, kdy je jízda vlaku řízena automaticky na základě dat obsažených v tzv. mapě trati. Pro využití tohoto režimu musí být trať vybavena traťovou částí AVV. Posledním režimem je tzv. optimalizace jízdy vlaku (OJV), což je opět automatizovaný režim s cílovým brzděním a optimalizací jízdy vlaku, kdy jsou funkce uvedené v předchozím bodě rozšířeny o výpočet a realizaci energeticky optimální jízdní strategie.

Součástí řídicího systému je modul GPS/GSM, který slouží společně se systémem TeleRail pro lokalizaci vozu na trati prostřednictvím satelitního navigačního systému GPS a dále pro přenos diagnostických dat z řídicího vozu do vyhodnocovacího střediska. Ve voze je instalován systém pro detekci požáru. Rizikové prostory, mezi něž patří skříň elektrického rozváděče, pult strojvedoucího, víceúčelový a velkoprostorový oddíl jsou monitorovány požárními čidly, strojvedoucího informuje o rizikových stavech alarmového hlášení na displeji.

Vlakový zabezpečovač a radiostanice

Vůz je vybaven mobilní částí vlakového zabezpečovacího zařízení typu LS90, které je možno provozovat na tratích s liniovým přenosem návěstí i bez něj. Vlakový zabezpečovač disponuje třemi základními funkcemi – kontrolní, informační a zabezpečovací. Sleduje bdělost strojvedoucího, přenos návěstních znaků a návěstní opakováč, maximální rychlost s ohledem na konstrukční rychlost vozidla a umožňuje také příjem návěstních znaků. Na voze je umístěna radiostanice typu VS67 firmy T-CZ, která umožňuje komunikaci jak v analogových sítích 160 a 450 MHz, tak v digitální síti GSM-R. Zároveň je připojena na vlakový zabezpečovač, čímž je při přijetí příkazů dálkového zastavení “STOP” zaručeno zastavení vlaku bez nutnosti zásahu strojvedoucího. Při indikaci požáru dojde k odpojení ventilace vzduchu ve voze (klimatizace), čímž se zamezí rychlému šíření dusíkového kouře do prostoru pro cestující.

Komunikace na úrovni vlaku

Komunikace na úrovni vlaku je zajištěna prostřednictvím systému WTB (Wire Train Bus), který využívá datový pár v 18cti žilovém UIC kabelu. WTB sběrnice vyhovuje standardu dle UIC 556, vůz jako celek je určen pro využití v soupravách s lokomotivami vybavenými příslušnými komponenty pro zařazení ve vratných soupravách s řídicími vozy. [6], [14]

Tab. 6 Technické a provozní parametry vozu Bfhpvee (961) [6]:

Rozchod:	1435 mm
Maximální provozní rychlost:	140 km/h
Hmotnost prázdného vozu:	41 100 kg
Hmotnost na nápravu:	13 500 kg
Délka přes nárazníky:	24 500 mm
Vzdálenost otočných čepů:	17 200 mm
Rozvor podvozku:	2 600 mm
Šířka skříně:	2 883 mm
Výška střechy od temene kolejnice:	4 230 mm
Průměr kol (nových):	920 mm
Minimální poloměr oblouku:	150 m
Míst k sezení:	70 (z toho 12 sklopných)
Míst k stání:	60

6 Návrh nízkopodlažní modifikace – úpravy hrubé stavby vozu

Po dohodě s výrobcem vozidla, firmou Pars nova a.s., jsem s ohledem na rozmístění komponentů pod rámem vozu stanovil délku střední nízkopodlažní části na 6560 mm, což odpovídá podílu 27,4%, a její výšku nad temenem kolejnice na 570 mm.

Po odstrojení původního vozu bude následovat podrobná technologická kontrola stavu skříně, na základě které bude rozhodnuto, které části skříně budou muset být z pevnostního hlediska vyměněny. Zásadní úpravou hrubé stavby bude prolomení rámu pro realizaci střední nízkopodlažní části - střední část rámu a skříně projdou konstrukční úpravou, která umožní snížení podlahy z 1255 mm na 570 mm. Kostru nízkopodlažní části bude tvořit podélník vytvořený z ohýbaného tvarového profilu a páteřový nosník, podélníky budou s páteřovým nosníkem spojeny sadou příčníků. V oblasti přechodu do nízkopodlažní části skříně budou podélníky s páteřovým nosníkem v úrovni běžné i snížené podlahy spojeny masívním přechodovým profilem s výztuhami. Technologický postup úpravy rámu předpokládám obdobný jako v případě řídicích vozů řady 914, kdy budou na původní rám nejprve navařeny podélníky a příčníky s výztuhami tvořící střední nízkopodlažní část a teprve následně dojde k odstranění původních podélníků a příčníků. Do kostry spodku bude přivařena vlnitá ocelová podlaha a na spodku skříně budou navařeny držáky skříní jednotlivých zařízení (centrální zdroj energie, bateriová skříň, skříně stykačů a odpojovačů atd..).

Protože je střední část vozu nově řešena jako nízkopodlažní, bude muset projít pravá i levá bočnice rozsáhlou úpravou. Střední část bočnice bude nové konstrukce a okna v této části budou posunuta níže. V původním umístění jako u výchozího vozu Bdt²⁷⁹ zůstanou vždy první 4 okna od čela vozu (krajní užší o šířce 725 mm a standardní o šířce 1290 mm), šířka pátého okna bude zmenšena na 1100 mm. Uprostřed nízkopodlažní části bude na každé straně vozu situován nový bezbariérový vstup s dvoukřídlými dveřmi, vedle něhož bude na každé straně umístěno jedno okno se standardní šířkou 1290 mm, avšak posunuté o 620 mm směrem dolů vůči ostatním oknům. Odlišovat se bude pouze nízkopodlažní část pravé bočnice přiléhající k zadnímu oddílu, kde bude z důvodu přítomnosti buňky WC

vynecháno okno v nízkopodlažní části a šířka přilehlého okna ve vysokopodlažní části nebude zmenšena na 1100 mm, ale na 725 mm. Původní bočnice budou doplněny Z- a L-profilů, výztužnými plechy a patkami pro zabudování nových bočních oken, tloušťka bočnicového plechu je 2 mm. Hrubá stavba skříně bude dále doplněna zesílenou horní vaznicí nad střední částí a novými dveřními sloupky.

Stejně jako u původního projektu řídicího vozu zůstanou na zadním představku zachovány vstupy v podobě jednokřídlých dveří a na předním představku budou původní vstupy v bočnici zaslepeny a nahrazeny spouštěcími okny a výztuhami, protože se zde bude nacházet kabina se stanovištěm strojvedoucího. Bočnice bude doplněna konstrukcí pro zabudování spouštěcího okna na stanovišti strojvedoucího a také u zadního nástupního prostoru musí projít bočnice v oblasti úzkého okna konstrukční úpravou v závislosti na půdorysném uspořádání interiéru a návaznosti na rám vstupních dveří. Další změny v oblasti zadního vstupu představují úpravu vnějších krajů hlavního čelníku a dále úpravu podélníku pro navaření dveřního rámu se schodištěm.

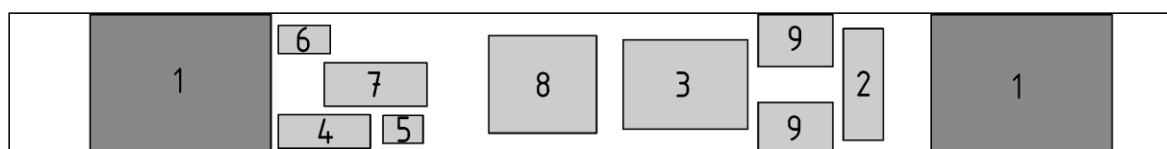
Další výraznou úpravou, shodnou s původním projektem řídicího vozu Břhpvee, jsou úpravy nutné pro dosazení nového kompozitního předního čela. Z tohoto důvodu bude upravena krajní část hlavního čelníku a dále bude prodloužen podélník za zlomem k čelníku v místě původního vstupu a doplněn příčnou výztuhou. Nad čelníkem a podélníkem je nutné vytvořit z ohýbaného profilu styčnou plochu pro lepení samonosné skořepiny čela a hranu vyztužit žebry. Podlaha bude doplněna plechem v místě původních vstupů. V místě kde se nachází technologické skříně u příčky na stanovišti strojvedoucího, se hrubá stavba čela příčně vyztuží příhradovou konstrukcí pro zvýšení tuhosti skříně v místě napojení kompozitního čela. Upravit je nutné také střechu, kde bude kostra střechy v místě čela odstraněna a pro usazení nového čela doplněna kružinou z jeklu. Na střechu budou doplněny nové větrače pro odvětrání přetlaku z topení a klimatizace a modulu WC. V místě za čelem bude střecha snížena a prolomena pro usazení klimatizační jednotky stanoviště. Dále se na střechu doplní průchody pro kanály z klimatizační jednotky a konzoly pro upevnění klimatizační jednotky.

7 Analýza použitelnosti vytipovaných celků nebo komponentů z původního řešení

7.1 Rozmístění hlavních komponentů pod rámem vozidla u původního řešení

Tab. 7 Rozměry hlavních komponentů pod rámem vozidla:

	délka	šířka	výška
Odpadní nádrž WC	822	2252	678
Jednotka topení a klimatizace	2550	1800	690
Centrální zdroj energie	2207	1966	705
Pneumatická část brzdy (vzduchojem)	1090	385 (průměr)	
Bateriová skříň	1880	682	677
Skříň NN (stykače)	820	558	714
Skříň VN (odpojovače)	1060	564	714



Obr. 15 Schéma rozmístění hlavních komponentů vozidla u původního řešení
(1...podvozky, 2...odpadní nádrž WC, 3...centrální zdroj energie, 4...bateriová skříň,
5...skříň NN, 6...skříň VN, 7...pneumatická část brzdy, 8...jednotka topení a klimatizace,
9...výsuvné schůdky)

7.2 Analýza použitelnosti jednotlivých komponentů z původního řešení a návrh změn a nového umístění

Pro dosažení maximální unifikace s původním projektem řídicího vozu předpokládám převzetí většiny komponentů z tohoto projektu (čelo vozu, stanoviště strojvedoucího, buňka WC, vnější i vnitřní dveře, atd.), avšak pro realizaci nízkopodlažní střední části bude nutno provést změny u některých komponentů nacházejících se pod rámem vozidla (pod střední nízkopodlažní část není možno nic umístit z důvodu zachování volného prostoru 200 mm nad TK). Výsuvné schůdky vnějších dvoukřídlých dveří zcela odpadnou z důvodu nového situování těchto dveří do střední nízkopodlažní části. Snímač AVV bude přemístěn pod čelo vozu do prostoru mezi pluhem a prvním podvozkem.

Odpadní nádrž WC

Odpadní nádrž WC bude využita původní, přičemž navrhuji její posunutí směrem k přednímu čelu vozu do místa kde je dnes umístěn snímač AVV, aby uvolnila prostor pro centrální zdroj energie. Přemístění do jiného místa (jako optimální se jeví prostor na zadním čele vozu pod předstávkem) není možné z důvodu dodržení vyhlášky UIC 563 (vývody odpadní nádrže mohou být umístěny nejblíže 1400 mm a nejdále 6600 mm od talíře nárazníku).



Obr. 16 Odpadní nádrž WC

Jednotka topení a klimatizace (HVAC)

Jednotka vytápění a klimatizace bude z prostorových důvodů (v současnosti jde o nejrozměrnější komponent pod rámem vozu) navrhována zcela nově. Jako optimální se jeví její zabudování do prostoru pod střechou nad střední nízkopodlažní částí. Konkrétní rozměry a řešení uchycení se budou odvíjet od dodavatele tohoto bloku. Dále bude nutno doplnit dva kanály pro vedení teplého vzduchu z tohoto bloku do dolního prostoru střední nízkopodlažní části.



Obr. 17 Jednotka topení a klimatizace u původního projektu
Centrální zdroj energie (CZE)

Centrální zdroj energie bude převzat beze změny, pouze bude přemístěn do prostoru mezi začátkem nízkopodlažní střední části a odpadní nádrží WC.



Obr. 18 Centrální zdroj energie

Pneumatická část brzdy

Brzdová výstroj i její poloha zůstane zachována, dojde pouze k úpravě rozmístění jednotlivých součástí pneumatické části brzdy a dále k přemístění vzduchojemu blíže k podélné ose vozu.



Obr. 19 Pneumatická část brzdy

Bateriová skříň

Bateriová skříň zůstane beze změny umístěna na původním místě. Úsporu místa by sice bylo možno dosáhnout jejím příčným umístěním na zadním čele vozu (pod předstávkem), avšak toto příčné umístění by nebylo vhodné z hlediska údržby, protože k bateriové skříni musí být přístup z její podélné strany z vně vozu.

Skříň NN (stykače)

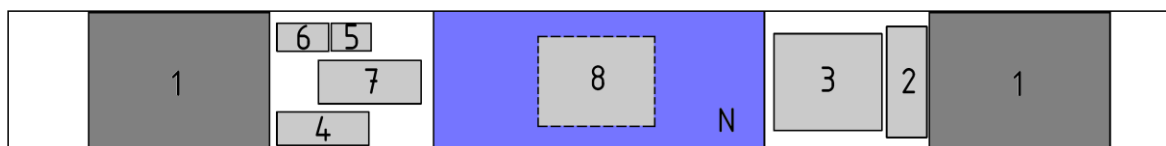
Stykačová skříň bude zachována původní, avšak bude přemístěna na levou stranu vozu ke skříni odpojovačů.

Skříň VN (odpojovače)

Provedení i umístění skříně odpojovačů bude převzato beze změny z původního řešení.



Obr. 20 Skříň VN (odpojovače)



Obr. 21 Schéma rozmístění hlavních komponentů vozidla u nízkopodlažní modifikace (1...podvozky, 2...odpadní nádrž WC, 3...centrální zdroj energie, 4...bateriová skříň, 5...skříň NN, 6...skříň VN, 7...pneumatická část brzdy, 8...jednotka topení a klimatizace, N...nízkopodlažní prostor)

8 Návrh uspořádání interiéru vozu

Návrh uspořádání interiéru vozu jsem provedl ve dvou variantách lišících se uspořádáním ve střední nízkopodlažní části. Pro obě varianty je shodné uspořádání krajních oddílů pro cestující (celkem 16 dvojsedadel v předním a 15 dvojsedadel v zadním oddílu), a také umístění schodišť spojující střední nízkopodlažní část s krajními částmi vozu s podlahou ve standardní výšce (schodiště u předního oddílu s navrhovanou šířkou 750 mm bude umístěno uprostřed vozu, schodiště u zadního oddílu s navrhovanou šířkou 940 mm bude umístěno na kraji vozu mezi bočnicí a buňkou WC, v obou případech činí počet hran schodů 3). Umístění buňky WC v prostorném bezbariérovém provedení navrhuji ve střední nízkopodlažní části, blíže k zadnímu oddílu a na pravé straně vozu. V obou variantách předpokládám oddělení zadního oddílu od představku a předního oddílu od kabiny se stanovištěm strojvedoucího příčkami s dveřmi. Shodná bude také příčka oddělující střední nízkopodlažní část s nástupním prostorem od zadního oddílu pro cestující. Při stanovování roztečí sedadel jsem vycházel z vyhlášky UIC 567 a dále z původního řešení řídicího vozu řady Bfhpvee.

8.1 Varianta 1

První varianta má za cíl dosáhnout co největšího počtu sedadel v interiéru vozu. Z tohoto důvodu je i ve střední nízkopodlažní části umístěn malý oddíl sestávající z šesti dvousedadel doplněný jednou sklopnou sedačkou nacházející se na opačné straně poblíž buňky WC. Tento oddíl ve střední nízkopodlažní části navrhuji oddělit od nástupního prostoru příčkou, další příčka mezi střední nízkopodlažní částí a předním oddílem již tedy nebude nutná.

Výhodou této varianty bude kromě dosažení vysokého počtu míst k sezení (celkem 75, z toho 62 sedadel ve vysokopodlažní a 12 pevných a 1 sklopné sedadlo v nízkopodlažní části) také minimalizace počtu sedadel situovaných bokem ke směru jízdy a taktéž lepší tepelná pohoda pro cestující ve střední nízkopodlažní části díky již zmíněné příčce. Naopak nevýhodou jsou menší prostory pro přepravu imobilních cestujících, kočárků, jízdních kol nebo zavazadel.

Tab. 8 Charakteristiky uspořádání interiéru ve variantě 1:

Počet míst k sezení celkem: 75

Počet sedadel v nízkopodlažní části: 13

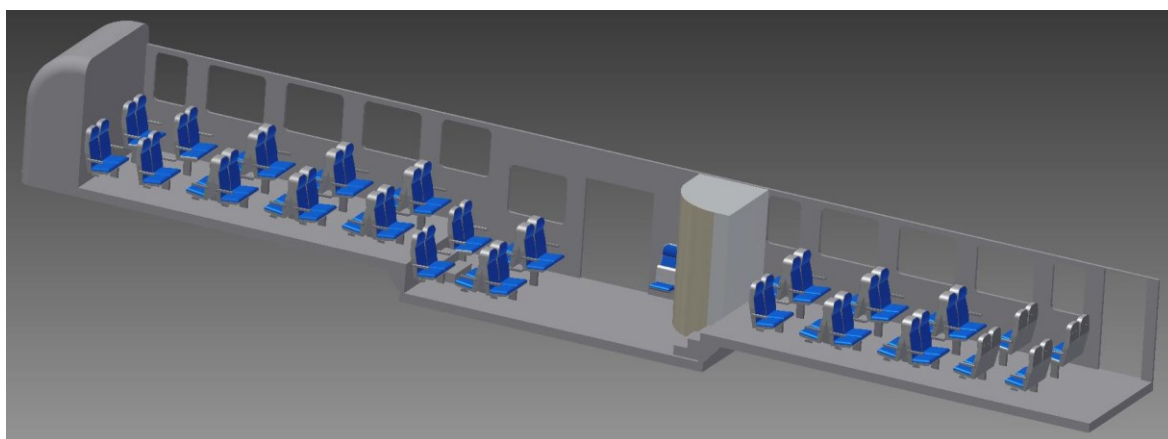
Počet sedadel ve vysokopodlažní části: 62

Počet sklopných sedadel: 1

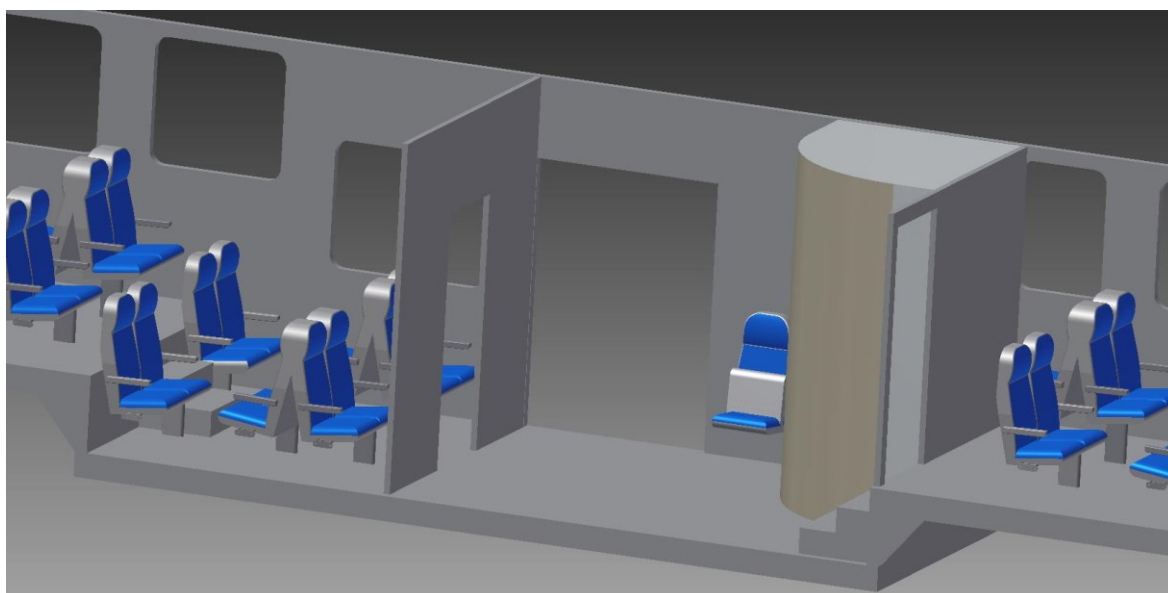
Počet sedadel umístěných ve směru jízdy: 34

Počet sedadel umístěných proti směru jízdy: 40

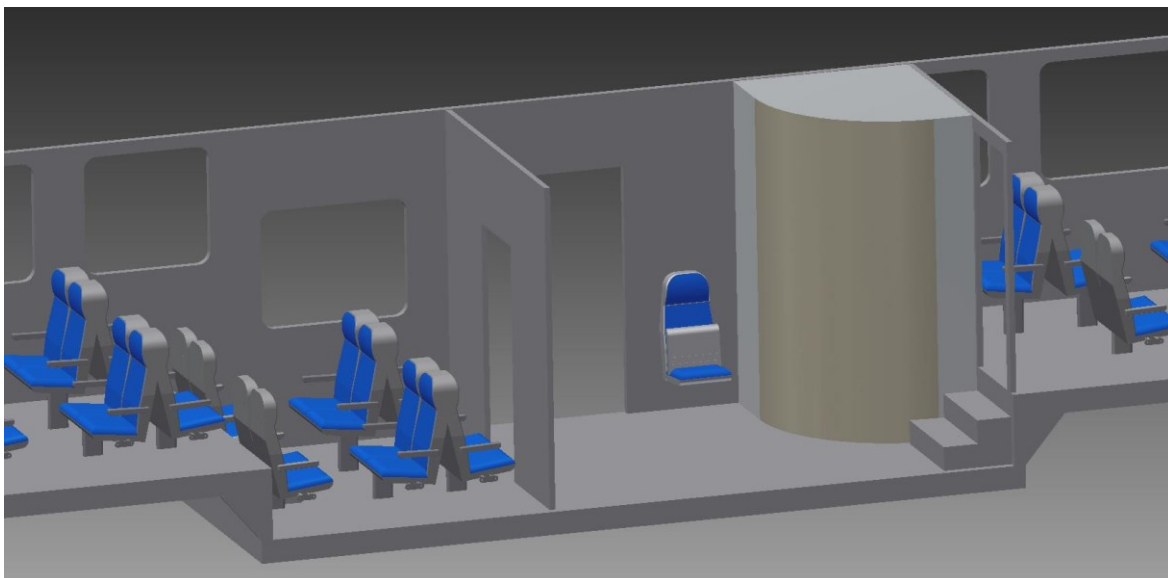
Počet sedadel umístěných bokem ke směru jízdy: 1



Obr. 22 Uspořádání interiéru ve variantě 1 (pro lepší přehlednost nejsou zobrazeny příčky mezi oddíly)



Obr. 23 Uspořádání interiéru v nízkopodlažní části ve variantě 1



Obr. 24 Uspořádání interiéru v nízkopodlažní části ve variantě 1

8.2 Varianta 2

Druhá varianta má naopak za cíl dosáhnout co největších prostorů pro přepravu cestujících na vozíku, kočárků, jízdních kol nebo zavazadel. Z tohoto důvodu se ve střední nízkopodlažní části nachází pouze dvě pevná dvousedadla, která jsou doplněna celkem sedmi sklopnými sedačkami – dvě trojice jsou umístěny naproti sobě v části přiléhající k přednímu oddílu a sedmá se nachází stejně jako v předchozím případě na opačné straně poblíž buňky WC. Mezi střední nízkopodlažní část a přední oddíl pro cestující navrhuji na rozdíl od první varianty umístit příčku, která bude oddělovat tento oddíl od nástupního prostoru.

Výhodou této varianty jsou větší prostory pro přepravu imobilních cestujících, kočárků, jízdních kol nebo zavazadel a také celkově lepší průchodnost střední nízkopodlažní částí. Naopak nevýhodou je nižší počet míst k sezení (celkem 73, z toho 62 sedadel ve vysokopodlažní a 4 pevné a 7 sklopných sedadel v nízkopodlažní části), větší počet sedadel situovaných bokem ke směru jízdy a taktéž horší tepelná pohoda pro cestující ve střední nízkopodlažní části, která není od nástupních prostorů oddělena příčkou.

Tab. 9 Charakteristiky uspořádání interiéru ve variantě 2:

Počet míst k sezení celkem: 73

Počet sedadel v nízkopodlažní části: 11

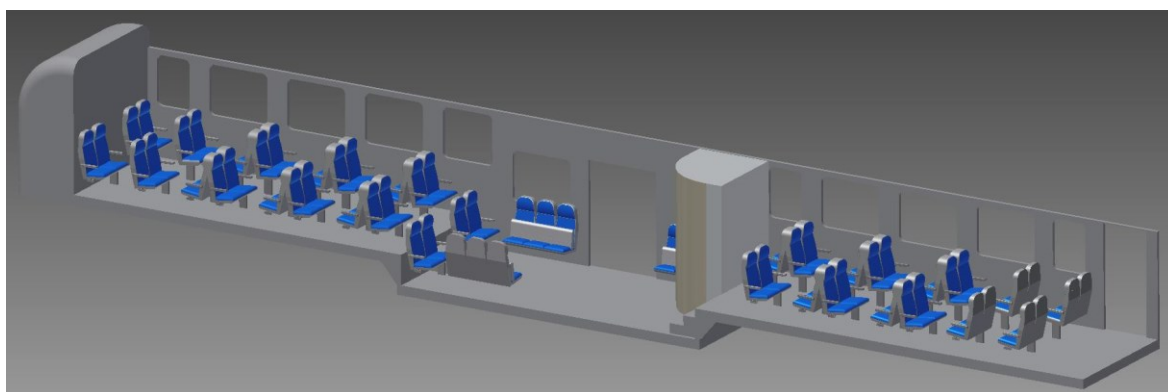
Počet sedadel ve vysokopodlažní části: 62

Počet sklopných sedadel: 7

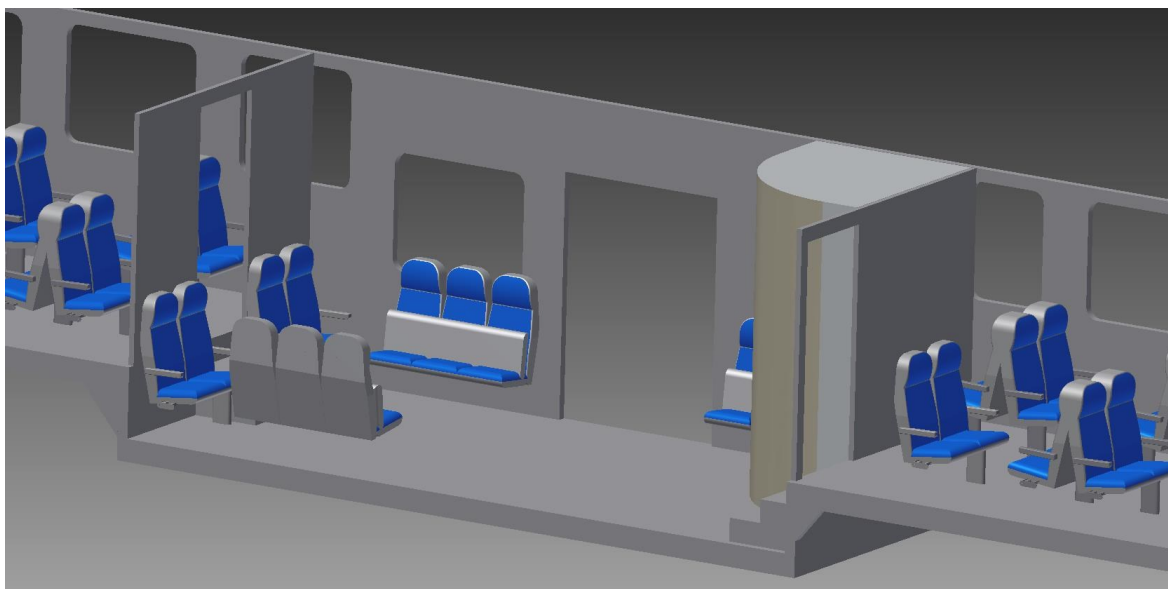
Počet sedadel umístěných ve směru jízdy: 30

Počet sedadel umístěných proti směru jízdy: 36

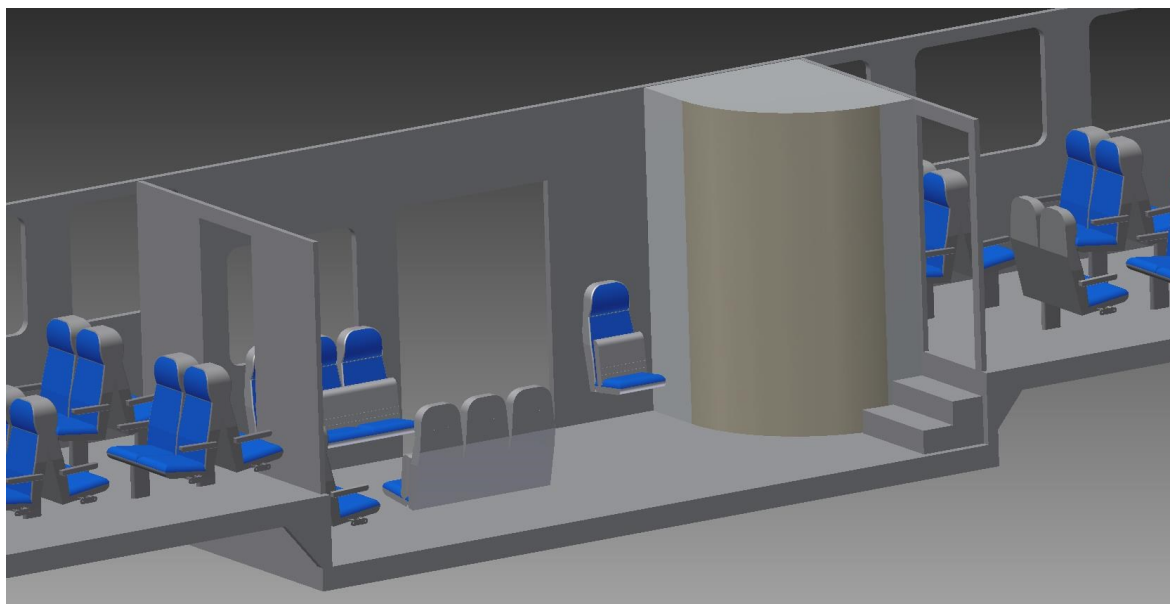
Počet sedadel umístěných bokem ke směru jízdy: 7



Obr. 25 Uspořádání interiéru ve variantě 2 (pro lepší přehlednost nejsou zobrazeny příčky mezi oddíly)



Obr. 26 Uspořádání interiéru v nízkopodlažní části ve variantě 2



Obr. 27 Uspořádání interiéru v nízkopodlažní části ve variantě 2

9 Výpočet topného a chladicího výkonu

9.1 Podmínky pro dosažení tepelné pohody v osobních vozech

Podmínky pro dosažení tepelné pohody v osobních vozech jsou stanoveny vyhláškami UIC 553 (vytápění, větrání a klimatické zařízení) a TNŽ 287300:

- průměrná teplota uvnitř oddílu pro cestující musí být $+22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- teplota povrchu stěn nesmí být nižší o více než 5°C
- teplota v chodbě nesmí převyšovat teplotu v oddíle a nesmí být od ní nižší než o více 7°C
- teplota v nástupních prostorech, WC a v ostatních místech vozu musí být min 10°C
- množství vháněného vzduchu do prostoru pro cestující je dáno dle **Tab. 10**:

vnější teplota [$^{\circ}\text{C}$]	množství vzduchu na osobu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
-20 a nižší	8
-20 ÷ -5	10
nad -5	20

Při teplotách nad 26°C lze ke zvýšení efektu klimatizace zvýšit průtok na $40 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.
[15]

Další podmínky stanovuje norma ČSN EN 13129-1.

Klimatická zóna navrhovaného řídicího vozu dle ČSN EN 13129-1:

Zóna II (od -25 do $+35^{\circ}\text{C}$)

9.2 Popis izolace

Izolace skříně vozu má za úkol zajistit eliminaci hlukových a tepelných prostupů z vnějšího prostředí do interiéru vozu. Dále se na vnějším oplechování vozu aplikuje antivibrační nátěr, který má tlumící účinek vibrací vozu při jízdě.

Izolace podlahy:

Vlnitá podlaha je opatřena antivibračním nátěrem Terophon 123WF tloušťky 2 mm. Části vln plechové podlahy uvnitř vozu jsou navíc vyplněny tvarovkami z nehořlavého lehčeného polystyrénu. Mezi vlnitou podlahu a podlahovou překližku je položena vláknitá izolace Isover ML3 s tloušťkou 43 mm.

Izolace bočnic a zadní čelnice:

Na vnější bočnicový a čelní plech je aplikován antivibrační nátěr Terophon 112 DB o tloušťce 2 mm od spodní hrany okna nahoru a Terophon 123WF o tloušťce 2 mm do úrovně spodní hrany okna. Celou plochu kostry bočnice mimo okenních a dveřních otvorů a plochu kostry čelnice vyplňuje izolace Isover ML3 tloušťky 40 mm. Izolace je k bočnicovému plechu uchycena pomocí izolačního trnu a samosvorné podložky.

Izolace střechy:

Plech střechy je opatřen antivibračním nátěrem Terophon 112 DB tloušťky 2 mm, základní vrstva je tvořena izolací Isover ML3 o tloušťce 70mm. Izolace je k střešnímu plechu uchycena pomocí izolačního trnu a samosvorné úchytky.

Izolace spodku vozu:

Spodek vozu je pro dosažení odolnosti proti vlhkosti opatřen antivibračním nátěrem Terophon 123WF.

Přední čelo:

Kompozitní čelo vozu má samoizolační vlastnosti, doplňková izolace bude umístěna pouze v místech svítidel a prostorů pro informační panel nebo houkačky. [8]

9.3 Součinitel tepelného prostupu

Ztráty prostupem tepla za klidu jsou závislé na tepelně-izolačních vlastnostech materiálů použitých při stavbě skříně, poměrech ve vzduchové vrstvě v bezprostřední blízkosti ploch bočnice, rychlosti ochlazování povrchu skříně a rozdílu vnější a vnitřní teploty. Izolační vlastnosti materiálu vyjadřuje tepelná vodivost λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$].

Vlastnosti procesů ve vzduchové vrstvě v blízkosti povrchu bočnice (proudění a sálání) jsou charakterizovány vnějším součinitelem přestupu tepla α_e [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] a vnitřním součinitelem přestupu tepla α_i [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$].

Tab. 11 Hodnoty vnějšího a vnitřního součinitele přestupu tepla:

vnější součinitel přestupu tepla α_e [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]	23
vnitřní součinitel přestupu tepla α_i [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]:	
bočnice	8,1
strop	8,7
okna	11
podlaha	6,9
čelnice, dveře	9,2
topnice	28,8

Prostřednictvím hodnot tepelné vodivosti λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], tloušťky izolační vrstvy d [m] a vnějšího a vnitřního součinitele přestupu tepla lze určit součinitel tepelného prostupu k_j [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$], který charakterizuje izolační schopnost jednotlivých částí skříně a jehož hodnota se u jednoduché rovinné stěny vypočte podle vztahu [15]:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (1)$$

Pokud je část vozové skříně složena z více vrstev o různých izolačních vlastnostech (podlahy, bočnice, střechy), pak lze určit hodnotu součinitele tepelného prostupu podle vztahu [15]:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} \right) + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (2)$$

Pro zahrnutí zhoršených izolačních vlastností se vypočtená hodnota součinitele tepelného prostupu k_j zvětšuje o 5 až 10%. [15]

9.4 Přídavné zdroje tepla

Celkový tepelný zisk:

Každý člověk vyzařuje teplo, které přispívá k ohřevu okolního vzduchu a se kterým je tedy nutno počítat při návrhu topného i chladícího výkonu. Dle vyhlášky UIC 553 111 se uvažuje produkce tepla jednou osobu v rozmezí 85 – 100 W. [15]

$$Q_z = n \cdot Q_{os} \text{ [W]} \quad (3)$$

n ...počet cestujících ve vozidle, uvažuji variantu 2, tedy 73+1 osob [-]

Q_{os} ...produkce tepla jednou osobou [W]

Přídavná tepelná zařízení:

Na ohřevu vzduchu uvnitř vozu se podílejí také elektrická zařízení umístění v interiéru, jako je osvětlení, ventilátory nebo rozvodové skříně. Dle doporučení pracovníků firmy Pars nova a.s. jsem stanovil velikost tepelného zatížení od přídavných zařízení na $P_{přid} = 3000 \text{ W}$.

9.5 Topný výkon

Ztráty prostupem tepla za klidu [15]:

$$Q_c = \sum k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_e) \text{ [W]} \quad (4)$$

Q_c ...ztráty prostupem tepla za klidu [W]

k_j ...součinitel tepelného prostupu dílčí plochu skříně [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

S_j ...dílčí vnější plocha vozové skříně ohraničující vytápěný prostor [m^2]

t_i ...vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_e ...vnější teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Tepelné ztráty infiltrací (netěsnostmi) skříně [15]:

Tepelné ztráty infiltrací skříně Q_i se započítávají jako 10 až 20% ze základních ztrát prostupem tepla za klidu Q_c . [15]

Tepelné ztráty větráním [15]:

$$Q_v = 0,335 \cdot V_L \cdot (t_i - t_e) = 0,335 \cdot n \cdot v_L \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (5)$$

Q_v ...tepelné ztráty větráním [W]

V_L ...celkový objemový průtok venkovního větracího vzduchu [m^3/h]

n ...počet cestujících ve vozidle, uvažuji variantu 2, tedy 73+1 osob [-]

v_L ...jednotkový objemový průtok venkovního větracího vzduchu, při teplotě 20°C se uvažuje $v_L = 8 \text{ m}^3/\text{h}$ [m^3/h] [15]

t_i ...vnitřní teplota [°C]

t_e ...vnější teplota [°C]

Celkové tepelné ztráty vozidla:

$$Q = Q_c + Q_i + Q_v \quad [\text{W}] \quad (6)$$

Ohřev čerstvého vzduchu [15]:

Čerstvý vzduch nasávaný z okolí dovnitř vozu je nutné ohřívat.

$$P_o = \frac{m_{vz} \cdot n \cdot c_p \cdot (t_i - t_e)}{3,6} \quad [\text{W}] \quad (7)$$

P_o ...výkon potřebný pro ohřev čerstvého vzduchu přiváděného do vozu [W]

m_{vz} ...hmotnost čerstvého vzduchu na cestujícího [$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$]

n ...počet cestujících ve vozidle, uvažuji variantu 2, tedy 73+1 osob [-]

c_p ...specifická tepelná kapacita vzduchu, $c_p = 1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}$ [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}$]

t_i ...vnitřní teplota [°C]

t_e ...vnější teplota [°C]

Hmotnost čerstvého vzduchu stanovíme jako součin množství vzduchu na osobu a hustoty vzduchu:

$$m_{vz} = V_{os} \cdot \rho_{vz} \quad [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (8)$$

V_{os} ... množství vzduchu na osobu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

ρ_{vz} ...hustota vzduchu, $\rho_{vz} = 1,29 \text{ kg/m}^3$ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Celkový topný výkon vytápění:

$$P_{top} = P_{ztr} + P_o = Q - Q_z + P_o + P_{přři} \quad [W] \quad (9)$$

P_{top} ...celkový topný výkon vytápění [W]

P_{ztr} ...výkon odpovídající celkovým tepelným ztrátám vozidla [W]

Q ...celkové tepelné ztráty vozidla [W]

Q_z ...celkový tepelný zisk [W]

P_o ...výkon odpovídající ohřevu čerstvého vzduchu [W]

$P_{přři}$...tepelného zatížení od přídavných zařízení [W]

9.6 Chladicí výkon

Zatížení prostupem tepla za klidu [15]:

$$Q_c = \sum k_j \cdot S_j \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (10)$$

Q_c ...ztráty prostupem tepla za klidu [W]

k_j ...součinitel tepelného prostupu dílčí plochu skříně [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

S_j ...dílčí vnější plocha vozové skříně ohraničující vytápěný prostor [m^2]

t_i ...vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

t_e ...vnější teplota [$^{\circ}C$]

Tepelné zatížení infiltrací (netěsnostmi) skříně [15]:

Tepelné ztráty infiltrací skříně Q_i se započítávají jako 10 až 20% ze základních ztrát prostupem tepla za klidu Q_c .

Tepelné zatížení větráním [15]:

$$Q_v = 0,335 \cdot V_L \cdot (t_e - t_i) = 0,335 \cdot n \cdot v_L \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (11)$$

Q_v ...tepelné ztráty větráním [W]

V_L ...celkový objemový průtok venkovního větracího vzduchu [m^3/h]

n ...počet cestujících ve vozidle, uvažuji variantu 2, tedy 73+1 osob [-]

v_L ...jednotkový objemový průtok venkovního větracího vzduchu, při teplotě $20^{\circ}C$ se uvažuje $v_L = 8 m^3/h$ [m^3/h]

Celkové tepelné zatížení vozidla:

$$Q = Q_c + Q_i + Q_v \text{ [W]} \quad (12)$$

Zatížení tepelným zářením [11]:

Ohřev vzduchu uvnitř vozu způsobuje kromě zatížení prostupem tepla stěnami také sluneční záření prostupující skrz okna. Toto záření prostupuje jak na osluněné straně, tak díky odrazu od okolního terénu (difúzní záření) také na odvrácené straně vozu.

$$P_{z\acute{a}\acute{r}} = k_{sl} \cdot S_{oken} \cdot T_{z\acute{a}\acute{r}} \cdot k_d \text{ [W]} \quad (13)$$

$P_{z\acute{a}\acute{r}}$...zatížení tepelným zářením [W]

k_{sl} ...koeficient prostupu slunečního záření, $k_{sl} = 0,4$ [-][11]

S_{oken} ...celková plocha oken vozu [m^2]

$T_{z\acute{a}\acute{r}}$...tepelné záření, $T_{z\acute{a}\acute{r}} = 700 \text{ W} \cdot m^{-2}$ [$W \cdot m^{-2}$] [11]

k_d ...koeficient zohledňující difúzní zářením, $k_d = 1,3$ [-]

Chlazení čerstvého vzduchu [11]:

Významnou část tepelného zatížení při návrhu chladicího výkonu představuje chlazení teplého vzduchu nasávaného z okolí dovnitř vozu.

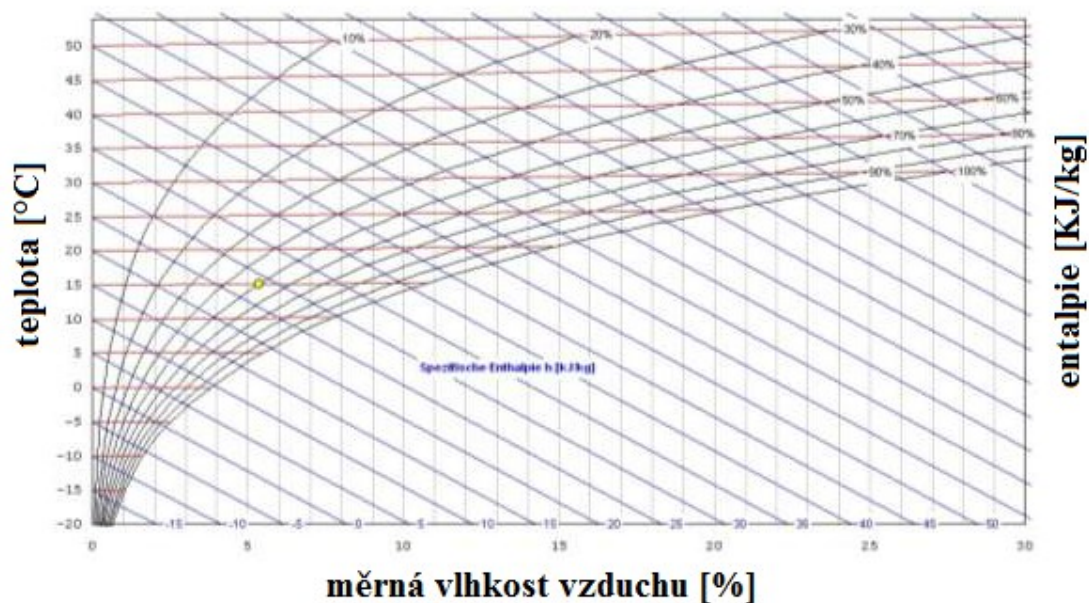
$$P_{ochl} = \frac{m_{vz} \cdot n \cdot h}{3,6} \text{ [W]} \quad (14)$$

P_{ochl} ...výkon potřebný pro ochlazování čerstvého vzduchu přiváděného do vozu [W]

m_{vz} ...hmotnost čerstvého vzduchu přiváděného do vozu na cestujícího [$kg \cdot h^{-1}$]

n ...počet cestujících ve vozidle, uvažuji variantu 2, tedy 73+1 osob [-]

h_{vz} ...rozdíl entalpií vzduchu, určíme z h-x diagramu, $h_{vz} = 32 \text{ KJ} \cdot kg^{-1}$ [$KJ \cdot kg^{-1}$]



Graf 1 H-x diagram vzduchu [16]

Celkový chladicí výkon klimatizace:

$$P_{chl} = Q + Q_z + P_{zár} + P_{ochl} + P_{příi} \quad [W] \quad (15)$$

P_{chl} ...celkový chladicí výkon klimatizace [W]

Q ...celkové tepelné ztráty vozidla [W]

Q_z ...celkový tepelný zisk [W]

$P_{zár}$...zatížení tepelným zářením [W]

P_{ochl} ...výkon potřebný pro ochlazování čerstvého vzduchu přiváděného do vozu [W]

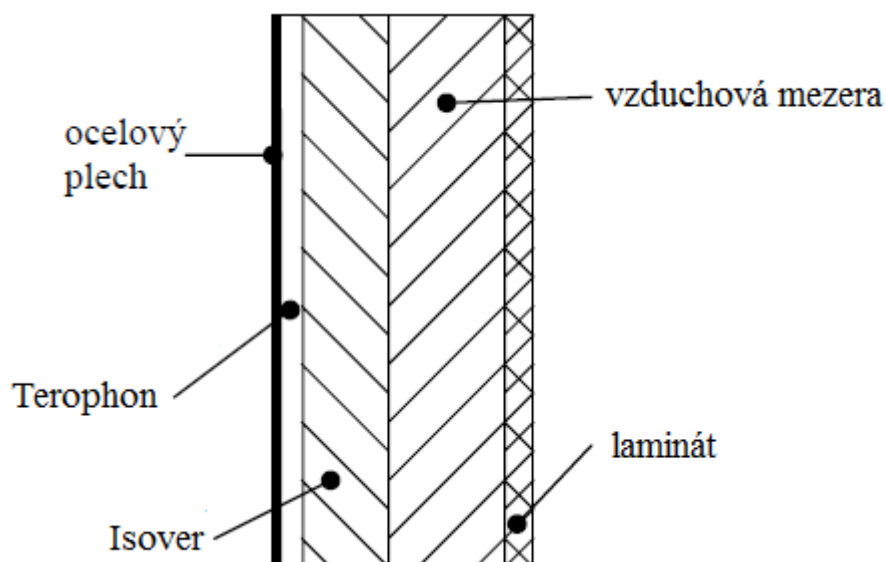
$P_{přid}$...tepelného zatížení od přídavných zařízení [W]

9.7 Výpočet součinitele tepelného prostupu

Tab. 12 Složení jednotlivých částí skříně [8]:

	materiál	tloušťka [mm]	součinitel tepelné vodivosti λ [W · m ⁻¹ · K ⁻¹]
Bočnice	ocelový plech	2	59
	Terophon	2	0,21
	Isover	40	0,038
	vzduchová mezera	33,5	0,174
	laminát	4	0,33
Podlahy	vlnitý plech	1	59

	Terophon	2	0,21
	mikroporézni pryž	2	0,079
	Isover	43	0,038
	překližka	13	0,23
	pryž	3	0,16
	altro	2	0,159
Zadní čelnice	ocelový plech	1,5	59
	Terophon	2	0,21
	Isover	60	0,038
	vzduchová mezera	200	2,326
	polyrey	1,3	0,35
	laťovka	22	0,125
	polyrey	1,3	0,35
Střecha	ocelový plech	1,5	59
	Terophon	2	0,21
	Isover	70	0,038
	vzduchová mezera	25	0,151
	laminát	4	0,33
Okna	sklo	6	0,76
	vzduchová mezera	10	0,01
	sklo	4	0,76
Vstupní dveře	vnější plech	1,2	204
	vnitřní plech	1,2	204
	voština	40	0,101
Okna vstupních dveří	sklo	6	0,76
	vzduchová mezera	6	0,049
	sklo	4	0,76
Čelo stanoviště strojvedoucího	laminát	6	0,33
	Airex	43	0,036
	laminát	6	0,33
Boční okna na stanovišti strojvedoucího	sklo	4	0,76
	vzduchová mezera	8	0,056
	sklo	4	0,76
Čelní sklo	sklo	14	0,76
	folie	3	0,196



Obr. 28 Schéma složení bočnice

Pro zahrnutí zhoršených izolačních vlastností se vypočtená hodnota součinitele tepelného prostupu k_j zvětšuje o 5 až 10% (volím 8%).

Bočnice:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,002}{59} + \frac{0,002}{0,21} + \frac{0,04}{0,038} + \frac{0,0335}{0,174} + \frac{0,004}{0,33} + \frac{1}{8,1}} \cdot 1,08 = 0,754 \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$$

Podlahy:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,001}{59} + \frac{0,002}{0,21} + \frac{0,002}{0,079} + \frac{0,043}{0,038} + \frac{0,013}{0,23} + \frac{0,003}{0,16} + \frac{0,002}{0,159} + \frac{1}{6,9}} \cdot 1,08$$

$$k_j = 0,748 \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$$

Zadní čelnice:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,0015}{59} + \frac{0,002}{0,21} + \frac{0,06}{0,038} + \frac{0,2}{2,326} + \frac{0,0013}{0,35} + \frac{0,022}{0,125} + \frac{0,0013}{0,35} + \frac{1}{9,2}} \cdot 1,08$$

$$k_j = 0,538 \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$$

Střecha:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,0015}{59} + \frac{0,002}{0,21} + \frac{0,07}{0,038} + \frac{0,025}{0,151} + \frac{0,004}{0,33} + \frac{1}{8,7}} \cdot 1,08 = 0,495 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Okna:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,006}{0,76} + \frac{0,01}{0,01} + \frac{0,004}{0,76} + \frac{1}{11}} \cdot 1,08 = 0,941 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Vstupní dveře:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,0012}{204} + \frac{0,04}{0,101} + \frac{0,0012}{204} + \frac{1}{9,2}} \cdot 1,08 = 1,970 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Okno vstupních dveří:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,006}{0,76} + \frac{0,06}{0,049} + \frac{0,004}{0,76} + \frac{1}{11}} \cdot 1,08 = 0,787 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Čelo stanoviště strojvedoucího:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,006}{0,33} + \frac{0,043}{0,036} + \frac{0,006}{0,33} + \frac{1}{11,6}} \cdot 1,08 = 0,794 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Boční okna na stanovišti strojvedoucího:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,004}{0,76} + \frac{0,08}{0,056} + \frac{0,004}{0,76} + \frac{1}{11}} \cdot 1,08 = 0,689 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Čelní sklo:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,014}{0,76} + \frac{0,003}{0,196} + \frac{1}{11}} \cdot 1,08 = 6,416 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

9.8 Výpočet tepla z přídatných zdrojů

Celkový tepelný zisk:

$$Q_z = n \cdot Q_{os} = 74 \cdot 100 = 7400 \text{ W}$$

Přídavná tepelná zařízení:

$$P_{\text{přid}} = 3000 \text{ W}$$

9.9 Výpočet topného výkonu

Ztráty prostupem tepla za klidu:

Vzorový výpočet pro bočnice:

$$Q_{boč} = k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_e) = 0,754 \cdot 76,15 \cdot [22 - (-25)] = 2985,69 \text{ W}$$

Tab. 13 Výpočet ztrát prostupem tepla za klidu u ostatních částí skříně:

	$k_j [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	$S [\text{m}^2]$	$t_i [^\circ\text{C}]$	$t_e [^\circ\text{C}]$	Δt	$Q_c [\text{W}]$
Bočnice	0,754	76,15	22	-25	47	2698,60
Podlahy	0,748	73,8	22	-25	47	2594,51
Zadní čelnice	0,538	6,98	22	-25	47	176,50
Střecha	0,495	103,34	22	-25	47	2404,21
Okna	0,941	25,41	22	-25	47	1123,81
Vstupní dveře	1,970	10,92	22	-25	47	1011,08
Okna vstupních dveří	0,787	3,22	22	-25	47	119,11
Čelo stanoviště strojvedoucího	0,794	4,25	22	-25	47	158,60
Boční okna na stanovišti strojvedoucího	0,689	1,10	22	-25	47	35,62
Čelní sklo	6,416	1,72	22	-25	47	518,67
Celkem						10840,71

Obsahy jednotlivých ploch byly odměřeny v software Autodesk Inventor.

Tepelné ztráty infiltrací (netěsnostmi) skříně:

$$Q_i = 0,15 \cdot Q_c = 0,15 \cdot 10840,71 = 1626,1 \text{ W}$$

Tepelné ztráty větráním:

$$Q_v = 0,335 \cdot n \cdot v_L \cdot (t_i - t_e) = 0,335 \cdot 74 \cdot 8 \cdot [22 - (-25)] = 9321,04 \text{ W}$$

Celkové tepelné ztráty vozidla:

$$Q = Q_c + Q_i + Q_v = 10840,71 + 1626,1 + 9321,04 = 21787,85 \text{ W}$$

Hmotnost čerstvého vzduchu:

$$m_{vz} = V_{os} \cdot \rho_{vz} = 8 \cdot 1,29 = 10,32 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Ohřev čerstvého vzduchu:

$$P_o = \frac{m_{vz} \cdot n \cdot c_p \cdot (t_i - t_e)}{3,6} = \frac{10,32 \cdot 74 \cdot 1 \cdot [22 - (-25)]}{3,6} = 9970,26 \text{ W}$$

Celkový topný výkon vytápění:

$$P_{top} = Q - Q_z + P_o + P_{pří} = 21787,85 - 7400 + 9970,26 + 3000 = 27358,11 \text{ W}$$

$$P_{top} \cong 27,4 \text{ kW}$$

9.10 Výpočet chladicího výkonu

Zatížení prostupem tepla za klidu:

Vzorový výpočet pro bočnice:

$$Q_{bo\check{c}} = k_j \cdot S_j \cdot (t_e - t_i) = 0,754 \cdot 76,15 \cdot (40 - 30) = 574,17 \text{ W}$$

Tab. 14 Výpočet zatížení prostupem tepla za klidu u ostatních částí skříně:

	$k_j [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	$S [\text{m}^2]$	$t_i [^\circ\text{C}]$	$t_e [^\circ\text{C}]$	Δt	$Q_c [\text{W}]$
Bočnice	0,754	76,15	25	35	10	574,17
Podlahy	0,748	73,8	25	35	10	552,03
Zadní čelnice	0,538	6,98	25	35	10	37,55
Střecha	0,495	103,34	25	35	10	511,53
Okna	0,941	25,41	25	35	10	239,11
Vstupní dveře	1,970	10,92	25	35	10	215,12
Okna vstupních dveří	0,787	3,22	25	35	10	25,34
Čelo stanoviště strojvedoucího	0,794	4,25	25	35	10	33,75
Okna na stanovišti strojvedoucího	0,689	1,10	25	35	10	7,58
Čelní sklo	6,416	1,72	25	35	10	110,36
Celkem						2306,54

Obsahy jednotlivých ploch byly odměřeny v software Autodesk Inventor.

Tepelné zatížení infiltrací (netěsnostmi) skříně:

$$Q_i = 0,15 \cdot Q_c = 0,15 \cdot 2306,54 = 345,98 \text{ W}$$

Tepelné zatížení větráním:

$$Q_v = 0,335 \cdot n \cdot v_L \cdot (t_e - t_i) = 0,335 \cdot 74 \cdot 8 \cdot (40 - 30) = 1982,8 \text{ W}$$

Celkové tepelné zatížení vozidla prostupem tepla:

$$Q = Q_c + Q_i + Q_v = 2306,54 + 345,98 + 1982,8 = 4635,32 \text{ W}$$

Zatížení tepelným zářením

$$P_{zár} = k_{sl} \cdot S_{oken} \cdot T_{zár} \cdot k_d = 0,4 \cdot 31,45 \cdot 700 \cdot 1,3 = 11447,8 \text{ W}$$

Hmotnost čerstvého vzduchu:

$$m_{vz} = V_{os} \cdot \rho_{vz} = 8 \cdot 1,29 = 10,32 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Chlazení čerstvého vzduchu

$$P_{ochl} = \frac{m_{vz} \cdot n \cdot h_{vz}}{3,6} = \frac{10,32 \cdot 74 \cdot 32}{3,6} = 7424,66 \text{ W}$$

Celkový chladicí výkon klimatizace:

$$P_{chl} = Q + Q_z + P_{zár} + P_{ochl} + P_{pří} = 4635,32 + 7400 + 11447,8 + 7424,66 + 3000 = 33904,78 \text{ W}$$
$$P_{chl} \cong 33,9 \text{ kW}$$

9.11 Zhodnocení výpočtu

Při výpočtu jsem došel k hodnotám 27,4 kW pro topný a 33,9 kW pro chladicí výkon. Topný výkon lze porovnat s řídícím vozem řady 954, který je vytápěn naftovým agregátem o výkonu 35 kW [8], nižší vypočtenou hodnotu u navrhované nízkopodlažní modifikace řady Bfhpvee lze zdůvodnit použitím novějších a lepších izolačních materiálů a také určitým zmírněním norem (dnes je u klimatické zóny II uvažována minimální teplota -25°C, dříve to bylo -30°C). Hodnoty chladicích výkonů u obdobných vozů se pohybují běžně v rozmezí 25 až 35 kW a v případě původního projektu řídícího vozu Bfhpvee činí jeho celková hodnota 32,6 kW [8], což je srovnatelné s chladicím výkonem vypočteným v této práci.

10 Využití vozu a návrh vhodných souprav

Využití navrhnutého nízkopodlažního řídicího vozu Bfhpvee ve stávajícím vozovém parku Českých drah očekávám v soupravách elektrické i motorové trakce, a to jako součást vratných lokomotivou tažených souprav (tzv. „push-pull“) nebo souprav skládajících se z motorových a přípojných vozů.

10.1 Vratná souprava elektrické trakce

Současné řídicí vozy řady Bfhpvee, ze kterých nově navrhnutý vůz vychází, jsou dnes provozovány především v soupravách elektrické trakce sestávajících z dvousystémové lokomotivy řady 363/362 (příp. stejnosměrné řady 163/162 nebo střídavé řady 242), dvou osobních vozů řady Bdmtee a jednoho řídicího vozu. Tyto soupravy jsou určeny pro osobní vlaky a lze v nich uplatnit i nově navrženou nízkopodlažní modifikaci řídicího vozu, především u vlaků provozovaných v příměstské dopravě. Dále jsou stávající řídicí vozy řady Bfhpvee provozovány v soupravách určených pro rychlíky, kde jsou doplněny 5 vozy řady B, příp. 4 vozy řady B a 1 vozem řady A nebo AB. S ohledem na podstatně menší počet zastávek jsou zde stávající řídicí vozy řady Bfhpvee vybavené nástupní plošinou dostačující a uplatnění nízkopodlažní modifikace zde tedy nepředpokládám.

Tab. 15 Základní technické údaje soupravy **362 + 2x Bdmtee + Bfhpvee**:

Řada	362	Bdmtee	Bfhpvee	Celá souprava
Maximální provozní rychlost [km/h]	140	160	140	140
Hmotnost v prázdném stavu [kg]	87 000	40 000	41 100	208 100
Délka přes nárazníky [mm]	16 800	26 400	24 500	94 100
Míst k sezení [-]	-	96	70	262



Obr. 29 Stávající vratná souprava 163 + 2x Bdmtee + Bfhpvee, kde může být využita i nízkopodlažní modifikace řídicího vozu

10.2 Vratná souprava motorové trakce

Analogicky jako v předchozím případě lze pro provoz na neelektrifikovaných tratích sestavit soupravu motorové trakce. Jako nejvhodnější se jeví využití modernizované motorové lokomotivy řady 750.7 (vzniklé rekonstrukcí původních řad 750 a 753 spojenou s dosazením nového spalovacího motoru Caterpillar), příp. starší verze řady 754.

Tab. 16 Základní technické údaje soupravy **750.7 + 2x Bdmtee + Bfhpvee**:

Řada	750.7	Bdmtee	Bfhpvee	Celá souprava
Maximální provozní rychlost [km/h]	100	160	140	100
Hmotnost v prázdném stavu [kg]	72 000	40 000	41 100	193 100
Délka přes nárazníky [mm]	16 500	26 400	24 500	93 800
Míst k sezení [-]	-	96	70	262

10.3 Souprava k motorovému vozu řady 843

V případě vytvoření varianty nízkopodlažní modifikace řídicího vozu lišící se absencí CZE, klimatizace, dosazením komunikačního protokolu NVL (případně dosazením WTB na motorový vůz) a realizací topení v naftovém provedení, by byl možný také provoz s motorovými vozy. Motorové vozy řady 843, které jsou blíže popsány na začátku této práce, byly vyrobeny ve druhé polovině 90. let v počtu 31 ks. K nim byly vyráběny také

odvozené přípojné vozy řady 043 a řídicí vozy řady 943, avšak zatímco přípojných vozů bylo dodáno celkem 32 ks, dodávky řídicích vozů se zastavily na čísle pouhých 11 ks. V současnosti jsou do souprav k motorovým vozům řady 843 sice využívány kromě řídicích vozů řady 943 i vozy řady 954, ty jsou však primárně určeny pro soupravy s motorovými vozy řady 854, s nimiž mají shodné provedení čela. Pro uplatnění všech motorových vozů řady 843 v ucelených soupravách se tak přímo nabízí uplatnění hned dvaceti navržených nízkopodlažních řídicích vozů řady Bfhpvee, které by zacelily mezeru vzniklou nedostatkem řídicích vozů řady 943, a zároveň by se z velké části vyřešila otázka nízkopodlažních vozů v těchto soupravách. Řídicí vozy řady 954 by poté bylo možno v plném počtu ponechat pro soupravy s motorovými vozy řady 854, tedy k účelu, ke kterému byly původně pořízeny.

Tab. 17 Základní technické údaje soupravy **843 + 043 + Bfhpvee**:

Řada	843	043	Bfhpvee	Celá souprava
Maximální provozní rychlost [km/h]	110	120	140	110
Hmotnost v prázdném stavu [kg]	56 000	27 000	41 100	124 100
Délka přes nárazníky [mm]	25 200	19 700	24 500	69 400
Míst k sezení [-]	59	72	70	201

10.4 Souprava k motorovému vozu řady 842

Motorové vozy řady 842 byly vyráběny v letech 1988 – 1994 v celkovém počtu 37 ks a na rozdíl od předchozího případu k nim nebyly vyrobeny žádné řídicí a s výjimkou 4 vozů ani žádné přípojné vozy. Nabízí se tedy uplatnění dvouvozové soupravy sestávající z motorového vozu řady 842 a navrženého nízkopodlažního řídicích vozů řady Bfhpvee, která by byla vhodná pro provoz na méně vytížených neelektrifikovaných tratích.

Tab. 18 Základní technické údaje soupravy **842 + Bfhpvee**:

Řada	842	Bfhpvee	Celá souprava
Maximální provozní rychlost [km/h]	100	140	100
Hmotnost v prázdném stavu [kg]	46 000	41 100	87 100
Délka přes nárazníky [mm]	25 200	24 500	49 700
Míst k sezení [-]	80	70	150

11 Závěr – provozně-technické hodnocení

V diplomové práci, která vznikla částečně během stáže ve firmě Pars nova a.s., se zabývám návrhem nízkopodlažní modifikace řídicího vozu, který by vzniknul rekonstrukcí velkoprostorového osobního vozu řady Bdt²⁷⁹ vyráběného Vagonkou Studénka v letech 1986 a 1987. Maximální důraz jsem kladl na unifikaci s již provozovaným řídicím vozem řady Bfhpvee, který vzniknul v počtu 34 ks rekonstrukcí původních vozů stejné řady v letech 2011 až 2013.

Úvodní kapitola této práce pojednává o řídicích vozech u nás a ve světě a důvodech, proč se až do poloviny 90. let minulého století na území bývalého Československa řídicí vozy prakticky neuplatňovaly. Následuje kapitola věnovaná koncepcím nízkopodlažních vozidel, a to jak nových, tak vzniklých rekonstrukcí starších vozů. V další části se práce zabývá popisem výchozího osobního vozu řady Bdt²⁷⁹ a také původním projektem řídicích vozů řady Bfhpvee. Na tyto kapitoly již navazuje vlastní návrh nízkopodlažní modifikace.

Nejprve jsem po konzultaci s firmou Pars nova a.s. stanovil podíl nízkopodlažní střední části, který činí 27,4% celkové délky vozu, tato nízkopodlažní část je tedy 6560 mm dlouhá. Následně jsem se zabýval úpravami hrubé stavby skříně, které budou nutné pro realizaci nízkopodlažní střední části a pro dosažení nového předního čela. Dále jsem se zabýval analýzou použitelnosti vytipovaných celků nebo komponentů z původního řešení, kde jsem došel k závěru, že většinu komponentů umístěných pod rámem vozů bude možno převzít beze změny v původní podobě (což bude výhodné pro snížení nákladů na rekonstrukci), případně v mírně posunuté poloze, avšak zcela nově konstruovat a umístit bude nutné jednotku klimatizace a topení.

Provedl jsem také návrh uspořádání interiéru ve dvou variantách – zatímco první varianta (75 míst k sezení) má za cíl dosáhnout co největšího počtu sedadel v interiéru vozu, druhá varianta (73 míst k sezení) se naopak snaží o dosažení co největších prostorů pro přepravu cestujících na vozíku, kočárků, jízdních kol nebo zavazadel. Výběr varianty by byl na objednateli rekonstrukce (osobně bych se přikláněl ke druhé variantě z důvodu prostornějšího uspořádání střední nízkopodlažní části) a závisel by na konkrétním provozním určení vozidla. Zabýval jsem se také výpočtem topného a chladicího výkonu,

kde jsem došel k hodnotám 27,4 kW pro topný a 33,9 kW pro chladicí výkon, porovnání s obdobnými řídicími vozy je uvedeno v kapitole 9.11. Na závěr jsem nastínil návrh souprav ve stávajícím vozovém parku, kde by tato vozidla mohla najít využití. Přílohou této diplomové práce je typový výkres původní a nově navržené modifikace řídicího vozu a dále výkresy dvou variant uspořádání interiéru.

V provozu by tato vozidla mohla mít velký přínos, došlo by nejen ke zvýšení komfortu pro cestující, ale také k usnadnění přepravy výše zmíněným skupinám cestujících a k mírnému zrychlení výměny cestujících. Další výhodou většího rozšíření řídicích vozů by byla provozní úspora vzniklá zkrácením doby obratu v koncových nebo úvratových stanicích. A to při podstatně nižších pořizovacích nákladech v porovnání se zcela novými vozidly (avšak pochopitelně nelze očekávat dosažení stejné životnosti jako u těchto nových vozidel). Realizace řídicích vozů řady Bfhpvee pro České dráhy vyšla na 31 mil. Kč za kus, v případě nízkopodlažní modifikace se dá v důsledku rozsáhlejších úprav skříně souvisejících se střední nízkopodlažní částí očekávat navýšení této částky přibližně o 5 % [8].

12 Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Jaromíru Širokému, Ph.D. za vedení diplomové práce a dále panu Ing. Ivo Soukupovi (hlavní inženýr firmy Pars nova a.s.) a dalším pracovníkům firmy Pars nova a.s. za cenné konzultace a připomínky.

13 Seznam použité literatury

- [1] PERNIČKA, J. a kol. *Atlas vozidel – Motorové vozy a jednotky ČD a ZSSK*: M-
Presse s.r.o., Zlín, 2003. 236 s.
- [2] PERNIČKA, J. a kol. *Atlas vozidel – Elektrické vozy a jednotky ČD a ZSSK*: M-
Presse s.r.o., Zlín, 2003. 240 s.
- [3] KUBEŠ, J. Regionova. *Železniční magazín*. 10/2005. 17-20.
- [4] KUČTA, T. Řídicí vůz řady 954 ČD. *Železniční magazín*. 7/2006. 18-20.
- [5] POHL, J. Rychlá železniční osobní doprava – Díl třináctý: vozidla podeváté
(fyziologie cestujícího počtvrté). *Železniční magazín*. 3/2009. 20-23.
- [6] PERNIČKA, J. Řídicí vozy řady Bfhpvee 80-30. *Železniční magazín*. 7/2011. 36-
42.
- [7] POHL, J. Rychlá železniční osobní doprava – Díl čtyřicátý třetí: elektrické jednotky
podesáté. *Železniční magazín*. 4/2013. 26-29.
- [8] Materiály firmy Pars nova a.s.
- [9] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I.*: Západočeská univerzita v Plzni,
Fakulta strojní, Plzeň, 2007. ISBN 978-80-7043-520-5
- [10] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla II.*: Západočeská univerzita v Plzni,
Fakulta strojní, Plzeň, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7
- [11] HLOUŠEK, J. A KOL. *Termomechanika.*: VUT, Brno, 1992. ISBN 80-214-0387-X

Internetové stránky, elektronické dokumenty:

[12] Deutsche Reisezugwagen - Bpmbdzf 296 [online]. [cit. 2014-01-04].

Dostupné z: <<http://www.deutsche-reisezugwagen.de/wagendaten/296-bpmz-bpmbdzf/>>

[13] Bdt 279 [online]. [cit. 2014-02-10].

Dostupné z: <http://nastoupil.com/?page_id=1835>

[14] Pars nova a.s. - Řídicí vůz řady 961 [online]. [cit. 2014-02-15].

Dostupné z: <<http://www.parsnova.cz/produkty/modernizace-a-rekonstrukce-zeleznicnich-kolejovych-vozidel/ridici-vuz-961>>

[15] Vytápěcí systémy současných vozidel [online]. [cit. 2014-03-01].

Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~urbanek/kkv2/01.pdf>

[16] Projekční podklady a pomůcky - H-X diagram [online]. [cit. 2014-03-01].

Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=22>

Zdroje obrázků:

Radim Polcer

Obr. 1 až 5, 7 až 9, 11 až 27 a 29

<http://www.drehscheibe-foren.de>

Obr. 6

http://www.alanbutschek.cz/foto/Bdt279_1.jpg

Obr. 10

<http://home.zcu.cz/~urbanek/kkv2/01.pdf>

Obr. 28

14 Seznam příloh - výkresů

Příloha A: Typový výkres původního řešení řídicího vozu Bfhpvee (0961_1_1_00001)

Příloha B: Typový výkres nízkopodlažní modifikace řídicího vozu (0962_1_1_00001)

Příloha C: Uspořádání interiéru – varianta 1 (0962_1_1_00002)

Příloha D: Uspořádání interiéru – varianta 2 (0962_1_1_00003)